北海道農業試驗場彙報

第 71 號

昭 和 31 年 9 月

RESEARCH BULLETIN

OF THE

HOKKAIDO NATIONAL AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

No. 71

September 1956

Published by

The Hokkaido National Agricultural Experiment Station

Kotoni, Sapporo, Japan

北 海 道 農 業 試 驗 場

札 幌 市 琴 似 町

目　次

CONTENTS

傾斜地開拓農家の土壌保全対策実施の効果

——栗山町日の出に於ける調査——

西　潟　高　一[*]　田　中　善　治[**]

EFFECT OF EXECUTION OF SOIL CONSERVATION PLAN ON A NEW SETTLED FARMER ON HILLY LAND

— INVESTIGATION AT HINODE, KURIYAMA-MACHI —

By Takaichi NISHIKATA and Zenzi TANAKA

緒　言

北海道の農業開発は気候及び土壌条件に恵まれた地帯から順次進められて来たもので，開発の初期に於て多額の資本投下を必要とする地帯は未開発のまま残されていたものである。このことが比較的傾斜地が多く耕地化した原因の一つと考えられるもので，元来傾斜地の畑地への利用化は我が国に於ける一般的傾向であるが，本道では既墾地の約 40 %， 25 万町が利用されている[1]。一方戦後に至り開拓事業が重要施策として採り上げられ農地の開発が促進されるに伴い，従来は未開発のまま放置されていた所謂特殊土壌地帯，或いは林地等が開拓用地として大幅に利用されるに至つたが，特に傾斜地の利用度は高く，計画総面積の約 60 %，耕地の 52 % が傾斜地に属していることは第 1 表に示す如くであるが，更に今後の入植予定地の多くは大部分が傾斜地であり，しかも傾斜度は必然的に高まつて行くことが予想されている。

北海道の畑地では区劃は比較的大きく，斜面が

第 1 表　開拓地傾斜度別耕地面積[2]

Table 1　Acreage of farm in reclamation land classfied by degree of slopes.

支庁名＼傾斜	総面積（町）				耕地計画面積（町）			
	5° 以下	5～15°	15° 以上	合計	5° 以下	5～15°	15° 以上	合計
石狩	7,738.9	2,787.0	2,408.3	12,934.1	6,787.2	2,507.8	707.4	10,002.4
空知	4,994.4	5,291.7	3,730.5	14,013.8	4,643.2	4,434.3	1,664.9	10,743.4
上川	9,233.9	12,436.0	9,875.7	31,605.6	8.457.5	11,096.2	4,792.1	24,343.8
後志	1,513.0	4,136.0	3,535.0	9,184.0	1,347.0	2,828.0	1,630.0	5,805.0
檜山	2,034.0	1,947.0	2,794.0	6,775.0	1,823.0	1,429.0	1,097.0	4,349.0
渡島	1,495.7	2,106.3	2,514.4	6,116.4	1,419.4	1,613.5	638.8	3,671.0
胆振	4,254.0	7,078.1	3,394.5	14,726.0	3,458.0	4,815.5	826.5	9,100.0
日高	3,573.6	4,701.1	1,674.9	9,950.3	3,426.6	3,292.3	193.0	6,910.9
十勝	22,008.4	6,267.4	4,307.0	32,582.8	18,293.7	4,550.0	573.8	23,425.5
釧路国	12,529.0	10,627.0	13,552.0	36,708.0	11,247.0	6,204.0	556.0	18,007.0
根室	8,392.2	15,471.7	3,705.3	27,569.2	6,397.9	13,004.9	2,548.9	21,986.9
網走	10,865.1	13,351.0	12,044.4	36,260.5	9,250.6	11,209.2	4,113.2	24,573.0
宗谷	8,424.5	4,076.7	3,664.3	16,165.5	4,603.6	2,323.1	1,130.7	8,057.4
留萌	4,369.4	1,434.2	831.0	6,634.6	3,511.3	1,175.6	234.1	4,921.0
合計	101,426.1	91,711.2	68,031.3	261,168.6	84,726.0	70,489.4	20,740.9	175,956.3
比率（%）	38.9	35.1	26.0	100.0	48.5	40.0	11.5	100.0

* 農芸化学部　** 北海道農地開拓部開拓経営課

そのままの形で利用されているものであるから，傾斜地に於ける農業の形は当然平坦地と異るべき性格のものであるにも拘らず，従来この点を無視し平坦地に於て行われた方法がそのまま取り入れられているもので，傾斜地に於ける農業上の諸問題は此処に胚胎しているものと云える。傾斜地に於いて土地保全を主体とする農業についての基礎的研究は近年漸くその緒につき，逐次実際面への応用の段階に入らんとしているものであるが，未だに一般には理解されるに至つていない状況にある。併し新しく開拓せられる土地に対し，その初期に於て適正な土地利用計画に基づき，適切な農業経営方式を策定することは，単に開拓農家の経営確立の面から見て重要な意義を有するに止まらず，全般的な国土保全対策の上からも急を要する重要課題の一つであると考えられるものである。かかる観点から一地域全般に対する土地保全対策樹立の前提として，開墾並びに経営の変遷，試験研究結果の実施とこれに伴う耕種の改善及び所要労力関係等を調査することは極めて有意義のものであると考え，傾斜地帯の入植者中から適当な農家を選定しその協力を得て上記各種の調査を行い，耕地保全に対する一般の認識を高め更にこれを全般に推し進めんとして，昭和27年度から実施したものであるが，3年間を経過して一応の成果を収め得たので，ここにこれを取りまとめ報告する。

本調査は開拓地特殊試験の一つとして財団法人日本土壌協会より委嘱を受け，北海道農業試験場農芸化学部と北海道農地開拓部開拓経営課が共同して行つたものである。本調査の実施にあたり，開拓途上の極めて不利なる条件下にあつたにも拘らず，試験の施行，調査の記載並びに集計等に絶大なる御協力を惜しまれなかつた青野哲太郎氏一家に心からなる感謝の意を表する。なお報告書発表の自由を許された日本土壌協会，調査に種々の協力を戴いた開拓経営課大戸技師外係員各位，土壌肥料第2研究室竹内技官並びに栗山町当局各位に深甚の謝意を表する。この調査の結果が本地帯開拓農家の営農改善のために何等かの参考になり得るものがあれば望外の喜びとする所である。

地区並びに調査農家の概況

(1) 地區の概況

この調査を行つた開拓地，夕張郡栗山町字日の出，御園地区は栗山町の北西部夕張市に接し，夕張鉄道新二股駅の西方約3kmの地点に位置し，総面積は933町歩の摺皺の極めて多い傾斜地で，入植戸数は133戸となつており，大部分が昭和22～23年に地区計画の立てられていなかつたこの土地に入植したもので，海外引揚者，戦災者で占められている。1戸当りの面積は7～8町であるが現在耕地としては4～5町歩を作付している。これ等開拓農家の大部分は周辺既存農家の影響を受けて穀菽経営或いは蔬菜を加味した穀菽経営を行つている。本地区に対し道は道有貸付牛を昭和24



第1図　地区位置図
Fig. 1　Situation of the district.

年以降毎年5頭宛貸付け，その生産仔牛を地区内に再貸付を行つているが，農家の乳牛に対する関心は比較的淡く，その飼育頭数は僅かに58頭にすぎず，経営の安定と地力保持の面からの指導方針たる混同経営の形態へは未だに程遠いものがある。

本地帯は第3紀層砂岩を母材とした埴壌土の表面が樽前統火山砂を以て被覆されているもので，表層上部は腐植を集積した黒褐色を呈しているが次第に褐色～淡灰白色と漸化している。現在耕作されているのはこの火山砂の部分で，特に表層10 cm 内外の腐植の集積層が耕作上重要なものであるが，土壌粒子は多孔質で比重が小さく，風化が進んでいないため粘土含量は少く粘性に乏しく，風，水による安定性は劣つている形を示している。下層は砂岩より成る土壌であるため，酸性の高いことと共に土壌粒子は微細で緊密なる堆積をなし，通気透水性は不良となつている。このような土層の構成状態を有しているため土壌侵蝕に対する抵抗性は少くなつており，土壌侵蝕の現象は既に見られているもので，特に春季融雪時の集水部と耕作期間の降雨，殊に驟雨性の降雨による土壌の流亡は漸次甚だしくなりつつあることが窺われるものである。かかる状況にも拘らず一般開拓農家の土壌保全に対する関心は殆ど皆無に等しく，開墾の計画性は見られず又耕作方法は従来の上下耕を踏襲しており，後述の如き土地条件の不良にも制約され経営改善の指導には多大の困難を感じていたもので，土壌保全対策の実施による耕地の保護は一刻も忽せにすることの出来ない重要課題であることが痛感されていたものであつた。本調査農家は既に早くから土壌侵蝕を防止することの重要なることを認識し，漸次経営方式の改善を試みんとしていたもので，入植当初から各種の記録を残しており，経営の推移を知るには好都合であつた。このような条件の農家に対して経営指導を実施しその効果が明らかになれば，これを中心として経営改善の実を挙げ得るものであると考え，これを選定し協力を求めたのである。

（2）調査農家の概況

場所　夕張郡栗山町字日の出　御園地区

氏名　青野哲太郎

労力　農業従事者3名，労力換算2.1名（家族6名）

農期間の臨時雇傭労力7～8日

経営面積　9町4反

宅地1反，開墾面積5町4反3畝，作付面積4町8反2畝，農道2反4畝，潰地2反

所有家畜　耕馬1頭，乳牛2頭，緬羊4頭，山羊1頭，鶏30羽

以上の如くで本地帯開拓農家としてはほぼ中庸乃至やや上位のものと見ることが出来る。

（3）耕地の傾斜群及び侵蝕調査

土壌は前述の如く第3紀層砂岩風化土の表層を樽前統火山砂を以て被覆しており，未墾地に於ける火山砂の厚さは20 cm 内外を示している。代表的土層状況を示すと次の如くである。



第2図　土層断面

Fig. 2　Soil profile.

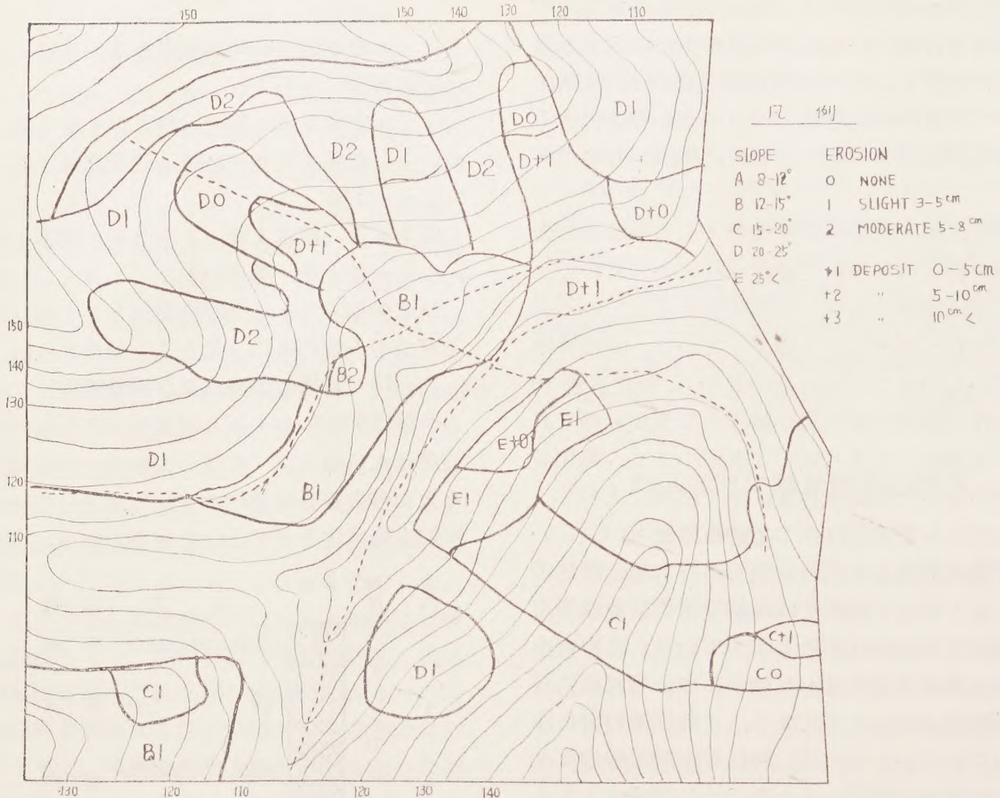
次に昭和27年秋実施した侵蝕調査の結果は第3図及び第2表に示す如くである。

第2表　耕地における傾斜群の分類

Table 2　Classification of slope groups at the field.

傾斜度別	面積（反）	経営地に対する比率（%）
8 ～ 12°	-	-
12 ～ 15°	10.3	19
15 ～ 20°	10.8	20
20 ～ 25°	28.3	52
25° 以上	4.9	9
計	54.3	100

本経営地に於ける傾斜の分布を見ると，15°以上の急傾斜地が約80％を占めており，更に20°以上のもののみでも60％を越え，傾斜地に於ける農業経営の限界を既に逸脱しているもので，土



第3図 傾 斜 群 分 類 図

Fig. 3 Classification of slope groups and erosion.

地条件は極めて不利な状態にあることを示している。かかる急傾斜の多いこと或いは前述の如き土壌の性状に由来して，表土の流亡移動は可なり顕著に見受けられている。表土の流亡は概して起伏せる傾斜面の凸部に多く，移動堆積はその凹部に見られている。開墾僅か5～6年で既に5～6cmの流亡が見られるに至つたことは，今迄の土地管理の不備に由来するものが多いものであるとは云え，この圃場の急傾斜であることに最大の理由があるものと考えられる。従つて一般に本地区の土地管理に関しては今後特に充分なる注意を払う必要のあることを示しているものと云えよう。この圃場は昭和27年以降圃場区劃の変更と管理方法の転換を行つたものであつて，それ以前の降雨時には顕著な流亡を見られたものが，爾後は殆ど目に見えるような侵蝕は認められなくなつたものであると報告されている。

開墾状況，作付及び輪作式

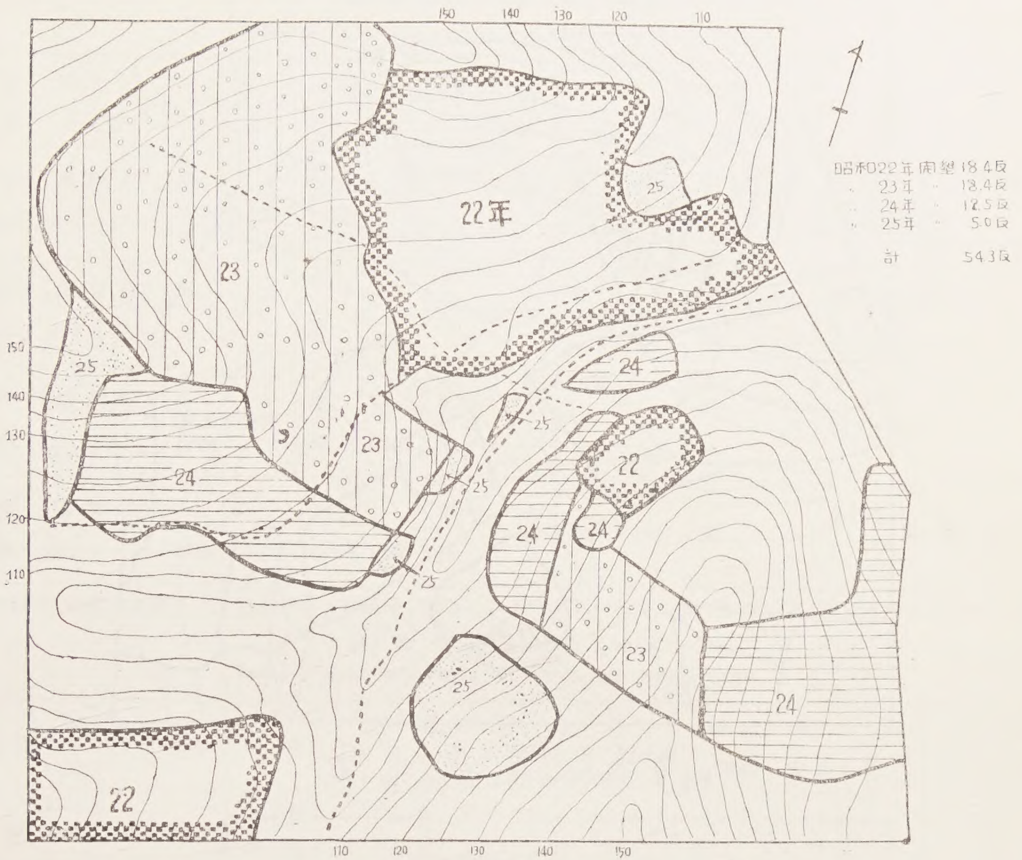
昭和22年春より開墾作業を開始し，昭和25年秋に予定面積の開墾を完了したものであるが，作業実施に当つては耕馬の使用が極めて困難な状況であつたためすべて人力によつたものである。年次別開墾の進度は第4図並びに第3表に示す如く，予定された計画に従い作業は順調に進んだことが知られる。

第3表 年次別開墾進度状況

Table 3 Progress of reclamation in every year.

年 次	開墾面積 (反)	比 率 (%)
昭 和 22 年	18.4	33.88
昭 和 23 年	18.4	33.88
昭 和 24 年	12.5	23.02
昭 和 25 年	5.0	9.22
計	54.3	100.00

耕地の状況は第4図に見られる如く，土地配分と地形の関係上耕地は4箇所に分散されており，このことが営農上労力的に多大の負担となつており，経営上種々の不便を与えているもので，



第4図　年次別開墾の推移

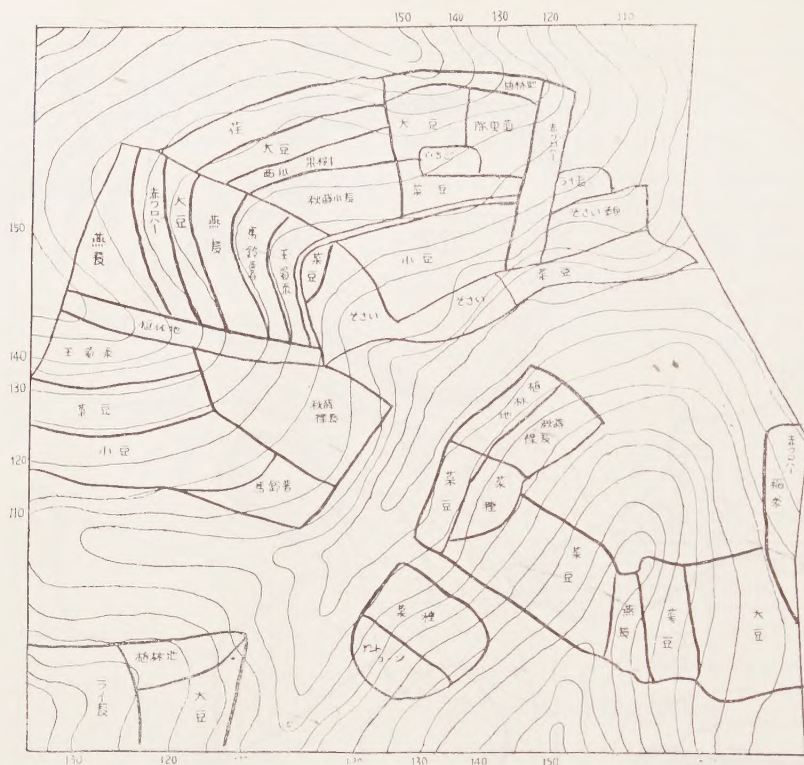
Fig. 4　Progress of reclamation in every year.

前述の傾斜群の調査にも知られる如く，土地選定並びに配分に際しての不適正なる面が明らかに示されており，この地区に於ける今後の問題点の一つとして考えなければならないものであると思われる。

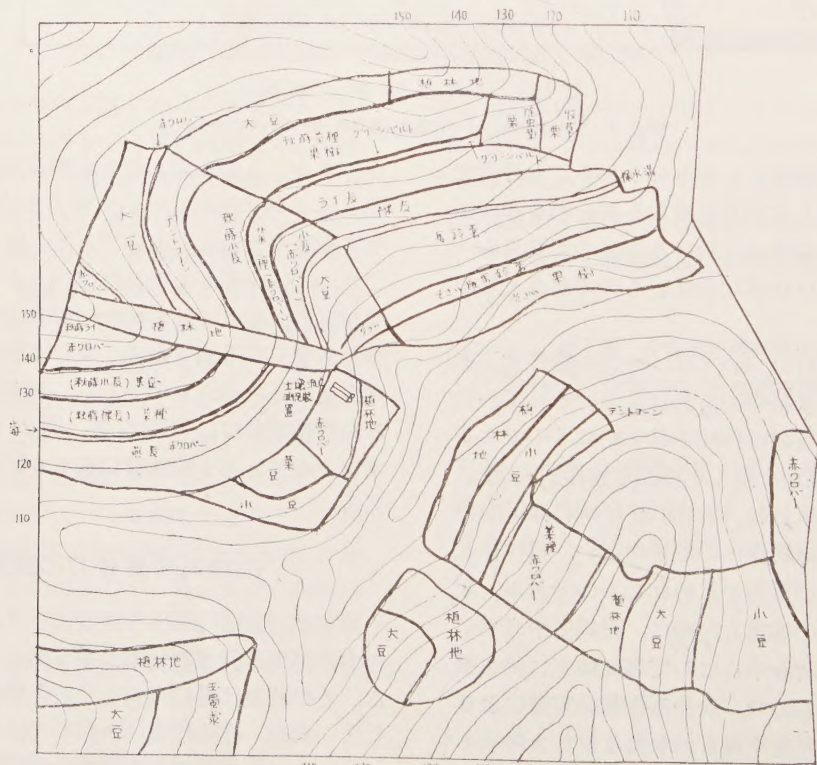
開墾直後の作付については，一定の輪作式も取られておらず，又耕作の方法は従来行われていた如くすべて上下方向に作畦されていたものであるが，昭和26年頃から漸く本格的な輪作式実施についての考慮が払われ，特に同27年度には従来の慣行法から等高線耕作への転換を行い，輪作様式を確立するための努力が払われたものである。なお等高線耕作への切換と同時に，圃場内中央部に見られた湧水個所を中心にして等高線上に捕水渠の設置を行つたもので，かかる作業の実施により表面流去水は殆ど全く見られなくなつたものである。輪作式については将来混同農業への発展準備のため，緑肥及び秋播作物の占める割合を比較的多くすることにした。なお本調査供試圃のうち，第3, 4, 5段の各区について労力及び作物の生育，収量調査を実施したものである。併し実際の作付に当つては必ずしも完全にこのままの形は取り得なかつた。なおこれと同時に耕地の将来への利用等を考慮して果樹予定地，或いは飛地への植林等が実施に移されたものである。調査供試圃に於ける輪作様式並びに昭和27年，同28年の実際作付状況を示すと第4表並びに第5, 6図に示す如くである。

作物別所要労力の調査

昭和27年及び同28年両年に亘り作物別に所要労力の調査を行つた結果は第5表に示す如くである。この結果は先に報告した所と同様の傾向を示し[7]，耕起，作畦作業にあたつては等高線区が何れの作物に於ても所要時間少なく且つ人馬共に疲労を感ずることが少なかつた。上下耕区に於ては



第5図　昭和 27 年度作付図
Fig. 5　Situation of cropping in 1952.



第6図　昭和 28 年度作付図
Fig. 6　Situation of cropping in 1953.

第4表　調査供試圃における輪作式

Table 4　Rotation system on the investigated farm.

年次別	季別	第1段 0.4反	第2段 1.3反	第2段 0.2反	第3段 1.0反	第4段 1.4反	第4段 0.3反	第5段 1.0反	第5段 0.3反
27	春	(落葉松)	燕麦	燕麦 赤クロバー	大豆	燕麦	燕麦 赤クロバー	馬鈴薯	玉蜀黍
	秋	赤クロバー	青刈ライ麦* 赤クロバー	15間幅グリーンベルト	—	—	3間巾グリーンベルト	秋播小麦 赤クロバー混播	
28	春	(落葉松)	同上	*赤クロバーグリーンベルト	デントコーン 玉蜀黍	菜豆	同上	秋播小麦赤クロバー	
	秋	赤クロバー	赤クロバー	同上	—	秋播小麦 赤クロバー	同上	赤クロバー	
29	春	(落葉松)	玉蜀黍 デントコーン 黍又は特用作物	同上	菜豆	同	同上	赤クロバー	
	秋	赤クロバー		秋播小麦	赤クロバー	—	同上		
30	春	(落葉松)	菜豆・		同上	赤クロバー	同上	馬鈴薯その他 根菜類	
	秋	赤クロバー	秋播麦 赤クロバー (混)		同上				

* 昭和27年秋季青刈ライ麦赤クロバーを混播したが，およそ80%の冬損を受けたので28年度はこの区を大豆とした。

第5表　作物別所要労力 (時/反)

Table 5　Labours required for every crop (h/tan).

試験圃	年次	作物	区別	耕鋤播種 作条	耕鋤播種 施肥	耕鋤播種 播種覆土	管理 除草	管理 培土	管理 薬剤	収穫 刈取	収穫 掘取収束	労力比率 人力	労力比率 畜力
第3段 (21～23度)	27	大豆	上下耕	6.7	1.7	5.0	30.0	-	-	7.7	-	100	-
			等高線	6.5	1.3	4.3	32.6	-	-	8.0	-	104	-
	28	デントコーン	上下耕	6.7	0.9	3.5	28.6	-	-	5.0	-	100	-
			等高線	6.5	0.7	3.2	29.2	-	-	4.8	-	99	-
第4段 (22～23度)	27	燕麦	上下耕	(1.5) 1.6	2.2	2.7	26.7	-	-	30.0	15.0	100	100
			等高線	(1.0) 1.2	2.0	2.3	25.0	-	-	31.7	13.6	97	67
	28	菜豆	上下耕	(1.1) 1.3	1.7	5.0	50.9	-	-	6.3	-	100	100
			等高線	(0.7) 0.8	1.3	4.4	52.0	-	-	6.5	-	99	70
第5段 (20～21度)	27	馬鈴薯	上下耕	(0.7) 0.8	1.8	5.5	11.3	6.7	2.7	-	19.2	100	100
			等高線	(0.5) 0.6	1.7	5.0	11.6	5.3	2.4	1	17.5	92	72
	28	秋播小麦赤クロバー	上下耕	(1.3) 1.3	2.1	2.9	6.1	-	-	1.4	13.3	100	100
			等高線	(1.0) 1.0	2.2	2.8	6.1	-	-	1.5	12.5	97	77

選種，種子予措，耕起整地，薬剤調製，作物収納，脱穀等は両区同一に行つたため本表より除外し，主要作業にのみ比較した。　(　) 内は畜力利用時間を示す。　大豆の施肥播種共に強風下に行われたので平常より多くの時間を要した。　燕麦は倒伏甚だしく収穫作業は平常の2倍の時間を要した。　馬鈴薯の上下耕は種子薯が下方に転がるため作業は困難であつた。

耕馬の疲労は相当顕著で，或る時は歩行が停止したり或いは速度が早まつたりして，作業速度が不均一になつた。このように等高線区は所要時間の短縮は見られるが，地形が複雑で畦の蛇行の甚だしい場合には，畦にそつた新らしい作条を起こすために，相当長時間の習練を必要としている。又本試験圃は傾斜の度が甚だしく且つ土壌は火山性土で，堆積は粗であり粘性に乏しいため，畦立作業中に表土がスリツプして下方に移動するが，特に等高線区に於て極めて著しいものがあつた。

施肥播種の作業にあつては，等高線区は何れの作物に於ても上下耕区に比較して所要時間は可なり少いものであることが見出され，且つ疲労の程度は著しく少いことが知られた。除草作業に要

する時間は作物によつて一様の傾向は認められないが，燕麦と赤クロバー混播の場合，第1回の除草の際等高線区は土くずれを生じ，赤クロバーの幼苗が埋没されるおそれがあつたため，作物の根際まで充分に除草出来ないので，その作業は粗雑となるを免れなかつた。更にこのような急傾斜に於ては等高線区の黍，甜菜，小豆等の如く発芽時には茎が脆弱でしかも早期に除草を必要とする作物は、管理の上から種々の不便があり上下耕区より多くの時間を要し，作業は極めて困難であつた。従つてかかる作物は当然急傾斜地を避けることが必要であるが，止むを得ない場合には上下耕を行うことがよいのではないかと考えられた。

本調査は実施中に種々の障害によつて正確なる数字を求めることは出来なかつたが，一応の傾向を見ることが出来るものと思われる。農作業に要する労力は作物の種類によつて多少異なつており，個々の作業については等高線区が必ずしも有利であるとは云えないが，全作業の総計に於ては明らかに等高線区の所要時間は短縮されている。しかも肉体的疲労は著るしく軽減されているものである。なおこれ等のことは傾斜度のみならず斜面の起伏によつても異るものであつて，傾斜度の小さい起伏の少なく，且つ斜面長の長い土地に於ては等高線区が一層有利であることは容易に推定出来る。

作物生育並びに収量調査

本調査期間に於ては気候的障害を屢々蒙つているため，作物の生育並びに収獲についての調査結果は，この地帯或いは調査農家の本来の姿を示しているものとは云えないもののように思われる。即ち昭和27年度は全般的に降雨が多く，このため作物は一般に徒長し，加うるにたびかさなる強風に見舞われ倒伏も甚だしく収量に著しい影響を与えた。特に5月上旬の風害により，等高線区の燕麦，馬鈴薯等の一部は表土が飛散種子が露出し一部は飛砂によつて埋没せられ，発芽の遅延或いは欠株を生ずる等種々の障害の影響を受けたものである。昭和28年度は天候不順で低温による全作物の減収が明らかに認められた。又この年の秋播小麦は強度の冬枯と赤銹病の発生により，平年反収の50%程度にすぎなかつたものである。更に昭和29年は春季より夏季に亘る間の旱害と，異常な低温のため冷害凶作年で，各作物ともに著しい減収となつた。このように予想外の種々の障害によつて収量は必ずしも高くはなかつたが，等高線耕作と上下耕とを比較すると，1，2の例外はあるが全般的に見て等高線区が優つている傾向が認められた。これ等の関係は第6表に示す如くである。

等高線区と上下耕区の間における作物の生育収量の差異は多くの原因によつて示されるものであつて，長期間に亘つて見る時は土壌流亡との関係によつて可なり著しく左右されるものであることは容易に考えられるが，短期間におけるかかる差異は，土壌中の水分，地温等が耕作法の相違によつて差異を生じ，このことが作物収量に影響することも予想されるので，昭和23年5月から地温の測定を行つたのである。この調査は菜豆，小豆について行つたのであるが，この結果予想に反し先に報告した所とやや趣を異にし[7]，小麦の6月12～19日を除いては，何れも上下耕区が高温を示している。この気温の上下と地温の変化が大体平行していることから，風向による影響を強く受けているものと思われた。即ち風は等高線区にあつては畦に沿つて，又上下耕区は畦と直角の方向が多いため，等高線区は上下耕区に比較して通風は良好となり，水分の蒸散を促がされること等のため温度の低下を来たしたものと考えられる。併し本調査の範囲に於ては地温と収量との関連性は明確ではなかつた。

土壌流亡量の測定

本試験地の立地条件，土壌条件については先に述べた如く，土壌侵蝕を極めて受け易い状態にあり，従つて耕作法，土壌管理の良否がたちまち土壌流亡に大きな影響を与えることは容易に推定し得る所である。土壌侵蝕防止に植生による土壌表面の被覆保護作用の有効なることは既に多くの報告によつて明らかにされており，[3) 4) 5) 6) 8) 9) 10)] 作物生育期間に於ては相当激しい降雨に際しても等高線栽培によつて土壌の流亡は有効に防止され，土壌侵蝕の危険を著しく減少することが出来るものであることもまた既に認められているものである。これ等のことを確認し，併せて展示的効果

第6表　生育収量調査

Table 6　Investigation of crop habits and yield.

試験圃	年次	作物	施肥量（貫/反）	播種量	播種期 月日	発芽期 月日	開花期 月日	収穫期 月日	区別	草丈(cm) 夏至	大暑	成熟	収量(kg) 子実	比率	茎稈	比率
第3段	27	大豆	硫安 3.0 トーマス燐肥 8.0 根瘤菌播種	升 5	5.15	5.27	8. 2	10. 9	上下耕	11.6	35.8	68.0	668.2	100	726.0	-
									等高線	10.3	38.4	63.0	701.2	105	[illegible]	-
	28	デントコーン	硫安 5.0 トーマス燐肥 7.0	升 8	6.11			9.25	上下耕	-	44.0	270.0	-	-	2,820.0	100
									等高線	-	47.7	274.0	-	-	2,760.0	98
	29	菜豆	硫安，硫加 1.5 過石 9.0	升 3.6	5.17	6. 3		9.10	上下耕	4.6	33.0	-	200.0	100	171.0	100
									等高線	4.7	36.7	-	213.0	106	192.0	102
第4段	27	燕麦	硫安 5.3 過石 6.0	升 12	4.27	5. 5		8.10	上下耕	76.0	151.0	151.0	1,216.9	100	1,815.0	-
									等高線	72.0	152.0	153.0	1,175.6	97	1,670.6	-
	28	菜豆	硫安 1.0 トーマス燐肥10.0	升 3.7	5.20	6.11 6. 8		9.10	上下耕	8.4	60.6	-	210.0	100	204.0	-
									等高線	8.6	61.3	-	219.0	104	210.0	-
	29	秋蒔小麦	硫安，硫加 2.0 トーマス燐肥14.0	升 8	9.11	9.21		8.13	上下耕	84.0	140.0	140.0	163.0	100	432.0	100
									等高線	90.0	142.0	142.0	174.0	104	456.0	106
第5段	27	馬鈴薯	硫安 7.0 過石 7.0	貫 56	4.27	5.23 5.26	6.26	8.22	上下耕	30.0	44.0	-	5,981.2	100	-	-
									等高線	29.4	44.2	-	5,857.5	98	-	-
	28	秋播小麦	過石20.6 硫安 4.0 菜種粕14.0	升 8.5	9. 2	9.22		7.27	上下耕	100.0	124.0	124.0	105.0	100	345.0	-
									等高線	102.0	125.0	125.0	108.0	103	379.5	-
	29	菜種	硫安10.0 加里 3.0 過石 6.0 トーマス燐肥 8.0	合 4	9.10	9.18			上下耕	148.0	175.5	-	210.5	100	810.0	100
									等高線	157.1	182.0	-	225.0	107	870.0	107

27年5月15日の強風により燕麦，馬鈴薯は飛砂の堆積により発芽がおくれ欠株を生じ，等高線区に特に著しかつた。

を示すため，土壌流亡量の測定を行つた。

本測定装置は昭和28年6月末に傾斜度約16度の地点に幅2 m，長さ20 m の試験区を設けたものである。これによつて次の調査を行つた。

（a）　昭和28年8～9月　裸地，被覆地（刈取地）の比較

（b）　昭和28年9月～29年8月　秋播小麦による等高線及び上下耕の比較

測定結果は第7表に示す如くである。

本調査は測定期間も極めて短く且つ小規模のものであるが，既に喜茂別土壌保全研究室に於て測定されている結果と全く同一の傾向を示しており，この地方に於ける土壌の流亡状況の概略を示しているものと云える。即ち短時間内に強度の大なる驟雨性の降雨によつて，流去水量は著しく増加し且つ土壌の流亡損失も顕著に見られるもので，強度の小さい場合には土壌の流亡は極めて少くなつている。更に融雪時に於ては流去水量は相当多くなつても，これによつて示される土壌の損失は極めて少いものである。昭和27年燕麦について見ると強度の降雨は3回見られ，これによつて流亡土壌の大部分が運ばれているもので，その他の降雨については殆ど無視しても差支えないものと思われる。又9月17日以降の秋播小麦について見ると，試験開始時から融雪期或いは翌春の繁茂期と全般を通じて殆ど強度の大なる降雨に見舞われることなく経過したため，顕著な土壌流亡は見られなかつたものである。併しながら流去水，土壌の損失の防止に等高線耕作の効果は極めて顕著で，上下耕区に比して僅かに $^{1}/_{10}$ 程度を流しているにすぎない。又一方植物による被覆効果も極めて明らかで，裸地区は作付区の約59倍の土壌を流失していることが見られる。なお刈株の果たす効果も見逃し得ない所で，残存根茎の土壌

第7表 流亡土壌量の測定

Table 7 Investigation of run-off and soil loss.

（a） 裸地及び被覆地の比較（燕麦）

月日	降雨量 (mm)	降雨時間 (min.)	流去水（l） 被覆地	流去水（l） 裸地	流亡土壌（kg） 被覆地	流亡土壌（kg） 裸地
Ⅷ. 1～2	9.8	420	412.5	421.5	4.6	4.6
7	21.4	300	515.6	515.6	6.5	7.0
13～14	36.8	720	729.6	824.9	7.0	10.0
14	46.5	180	1,206.5	1,814.9	18.1	34.0
15	9.1	30	247.5	1,598.4	7.7	796.3
17	5.5	420	12.9	12.9	-	2.0
20	18.5	660	412.5	412.5	1.5	2.1
20～21	8.7	420	18.0	20.6	0.8	1.6
24	4.5	60	123.7	144.4	3.9	16.0
25	16.0	30	618.7	3,042.0	10.3	1,709.2
26	7.4	120	154.7	670.3	2.0	106.6
27	8.4	120	219.1	257.8	2.0	6.0
Ⅸ. 3	6.0	660	163.1	103.1	-	-
13	11.5	30	412.5	2,861.6	2.6	563.0
合計						

註 7月7日播種，8月1日より調査

（b） 等高線上下耕の比較（秋播小麦）

月日	降水量 (mm)	降雨時間 (min.)	流去水（l） 等高線	流去水（l） 上下耕	流亡土壌（kg） 等高線	流亡土壌（kg） 上下耕	備考
Ⅸ.17～Ⅺ.6	199.2	855.0	3,993.3	4,181.5	16.5	28.7	播種より積雪期まで
Ⅲ.24～Ⅳ.5	-	-	4,800.2	10,159.0	21.9	40.2	融雪期
Ⅳ.18～Ⅶ.9	296.2	1,539.0	6,097.0	7,331.8	28.9	298.5	融雪後刈取まで
Ⅷ.14～Ⅸ.15	185.8	708.0	2,776.5	4,163.5	8.2	55.1	刈取跡地

緊縛作用或いは敷草の被覆作用等によつて，土壌は有効に保護せられていることが知られる。このような結果から傾斜地帯に於ては秋耕を行うような作業は必ずしも良策とは云えないもので，緑草の鋤込み，圃場整理のための秋耕等については実施に当つて細心の注意を必要とする。

考察

本調査の結果は既に多くの人々により研究発表されているものと全く同一の傾向を示し，傾斜地帯に於て等高線耕作実施の必要なることを示している。本試験地の如く，耕地の大部分は15°以上の急傾斜によつて占められ普通耕作の限界を越えており，等高線耕作の実施に当つては極めて多くの困難を感じているにも拘らず，この方式の有利なることは明らかに認められる。傾斜地帯に於ける地力維持の第一の方策として土壌流亡防止の緊急たることについては今更に言を要しない所であるが，かかる観点からも等高線栽培方式の採用と，耕地の裸地化の回避については充分なる注意を払うことが大切である。現在一般的の傾向として開墾途上にある開拓地に於ては，秋季開墾が多く行われており，しかも土地保全に関しての認識が比較的少いため，その開墾についてもこの面からの計画性が比較的少なく，又一冬期間裸地状態のまま放置されているものが大部分となつているが，今後は将来の圃場利用の計画に則り開墾作業を進めるとともに，秋季開墾地には直ちに被覆作物の作付を急速に行い，冬期間の保護に留意することも必要である。又耕地に対する作付についても秋播作物，被覆作物等を組入れた輪作様式を確立することによつて，地力の維持，経営の安定が

望まれるものであることは従来既に屢々指摘されているところである。

一方本調査農家について見ると，多大の努力を払つて昭和27年に耕作方式の転換を実施し，開墾直後から種々の変遷を経過し現在では経営の方式に一応の目標が見出されたと云えるもので，耕作方式としては等高線耕作の有利性が実証され今後はこれが続くものと考えられる。* しかしこの農家についても経営の安定化は未だ充分であるとは云えない状態ではないかと思われる。即ち本農家の経済面を見るに，昭和28年，29年の不作時に於ても比較的安定していた如く見られるが，これは主として各種豈類の作付が多くこれの収入の増加によるものであることが窺われ，経営の全般的の改善によつて得られた安定した基盤の上に立つていないところに今後の問題が残されているものと云えよう。しかも圃場の土地条件が特に急傾斜が多く，ややもすれば土壌流亡を促進せしめるおそれのあることは一層経営の安定のための方策が要望される所以でもあろう。従つて，この開拓地全般に通じて云えることであるが，立地条件に即応して今後の進め方についての考慮が必要である。この土地は夕張炭鉱の消費地を近くに控えているものであるから，経営を一層集約化して蔬菜，果樹等の収益性の高いものの栽培に進むことも当然考えられるものである。併し現在は道路の不備その他種々の事情に制約されて，今直ちに園芸作物を主体とするには時期尚早の感もある。従つて取りあえずは乳牛の飼育に力を注ぎ，混同経営の方向に進み土地を保護し生産力を高めることに努力しつつ，将来は市乳の供給地とし或いは又園芸作物の生産地として進むことも一つの行き方として考えられるものであろう。特にこの地区の急傾斜地の占める面積の大なることからもこのことが云えるものと考えられる。

元来傾斜地帯に於て土地保全のための諸施策のうち，等高線帯状耕作は先ず第一に考慮さるべき基本的な手段であるが，単に耕作法の改善のみを以て土地の保全が行われ，経営の安定が望まれると考えるのは誤りであつて，夫々の立地条件に応じて土地利用の適正を計り経営の改善を計ることが最も大切なもので，かくすることによつて経済的にも安定し，土地の保全もまたこれによつて達成出来る。従つて調査地域の全般に亘つて，今後の在り方については社会的条件，経済状勢を把握しながら更に検討を加えなければならない。

摘　　要

開拓地として利用される傾斜地の面積は益々多くなりつつあるが，新しく拓かれる土地に対し，土壌保全対策を考えることは極めて大切である。この前提として栗山町御園地区の開拓農家の一つを選び，諸種の調査を行つた。

この圃場は80％が15°以上の急傾斜地によつて占められており，普通耕作の限界を越えている。開墾後5年で既に土壌侵蝕は相当顕著に見られてゐる。

昭和22年から開墾が進められ，概ね計画通り作業は進捗した。昭和27年から耕作法の変換を行い，上下耕から等高線栽培へ移り，条作を多くした輪作とし，且つ圃場の中央部に捕水渠を設置した。これ等の方法によつて土壌の流亡は殆ど阻止された。

作物の種類，作業の内容によつて差はあるが，全般として等高線区の所要労力は上下耕に比較して軽減され，疲労も少なかつた。

作物の生産収量については，各年共気象的障害があつたため，結果は明確ではなかつた。土壌流亡防止によつて等高線区の生産が高まることが予想される。

小試験区を設け実験を行つた結果，土地の被覆により又等高線耕作によつて土壌の流亡は著しく軽減された。

以上の諸結果から傾斜地帯に於て，土地保全のための等高線耕作の効果は明瞭であるが，更に進んで立地条件に即応した経営の改善を計ることが大切である。

文　　献

1. 帝国農会：1942，状態別耕地に関する調査.
2. 農地開拓部開拓経営課：1954，調査資料.（昭27年2月調）
3. AYRES C. E：1936，Soil erosion and its control.
4. BENNETT H. H：1939，Soil conservation.
5. GUSTAFSON A. E：1937，Connservation of the soil.

6. 西潟高一 他：1954, 北海道農業試験場彙報, 66 号.

7. ———— ：1954, 同 上 67 号.

8. ：1953, 農業改良技術資料第 30 号.

9. ———— ：1955, 北海道農業試験場彙報, 68 号.

10. ———— ：1953, 〃 65 号.

Résumé

The area of hilly land which is being reclaimed and utilized tends to increase gradually. So it is very important to consider the soil conservation practice applicable to newly reclaimed land. As a premise for the solution of the problems, the authors select a certain farmer and carried out several investigations on such things as the soil conditions of the farm, alteration of reclamation method and management, improvement of cropping system and the labour required for every operation.

About 80% of this farm is comprised of steep slopes over 15 degrees, such condition is beyond the limit of normal farming. And only 5 years after reclamation, there has been considerable damage by run-off and erosion.

The reclamation was begun in 1947 and the operations progressed as previously planned. In 1952 the cropping system was altered from up and down to contour strip farming, rotation was adopted suitable to hilly land increasing the cover crops, and then a small ditch was dug along the contour in the middle of the farm. By these methods, the loss of soil by run-off water was almost eliminated.

The labour required, as well as the weariness, were lessened generally under the contour cropping system compared with the up and down cropping system, although several differences were observed by the crops and operations.

In reference to the crop yields, accurate results could not be obtained, because of abnormal weather conditions of every year. But it can be expected that over a long period, the productivity of contour farming plots would be increased by the control of soil loss.

Experimental results on small plots showed that the soil loss was lessened considerably by adaptation of contour farming and by covering the surface.

From these results, it was clarified that the contour strip farming is very effective as an important method for soil conservation on a hilly farm. But it is still more important to improve the farm management suitable for the natural and social conditions.

北海道に於ける重粘性土壌の研究

第2報　小向重粘土の無機膠質物について

森　哲郎*　　佐々木　清一**

STUDIES ON THE HEAVY CLAY SOILS IN HOKKAIDO

PART 2. CLAY MINERALS IN THE HEAVY CLAY SOIL AT KOMUKAI, KITAMI SUBPREFECTURE

By Tetsuro MORI and Seiichi SASAKI

緒　　言

著者の1人森はさきに第1報として小向重粘性土壌の理化学的性質について報告した[1]。これによると小向の重粘性土壌は第Ⅰ層（A_0 層）は別として，第Ⅱ層以下は多量の粘土を含有し，容重が大で，孔隙量，容水量，容気量は小さく，水に対する毛管上昇速度は極めて緩慢で，且著しく緊密な状態を呈していることがうかがわれ，その上置換酸度，加水酸度が著しく大である等の特性がみられた。加うるに可塑性，粘性極めて大きく，耕起は甚だ困難であり，又土塊は乾燥すると甚だ崩壊し難く，物理的には極めて不良な土壌である。

一方土壌膠質物が土壌の物理化学的性質を大きく支配することは KELLEY[2] の既に指摘した如くである。BAVER[3] は土壌中の砂分はその表面活性頗る小さく土壌の骨格的役割を演じているのに対し，粘土はその大なる表面活性により，土壌の可塑性，粘性，収縮性，膨潤性，不透水性等の物理的性質に大きな影響を与えるとし，又 ABRUNA, SMITH[4] 等は土壌中に於ける粘土の含量及びそれを構成する粘土鉱物の型が該土壌の水分保持力，微小団粒の形成，並びに収縮性に密接なる関係を有するとしており，山中[5] は粘土含量及び構成粘土鉱物の型が土壌の凝集力を支配していることをあげ，PETERSON[6] は粘土鉱物の型によつて土層に生成される土壌構造が異ることを見ている。更に LUTZ,[7][8] JENNY[9][10] 等は粘土の吸着イオンと膨潤性，透水性，凝固性等の関係について報告している。更に又，土壌膠質の塩基置換と土壌酸性との関係は HELMHOLZ の二重層説が土壌膠質の説明に採用されて以来多くの人々によつて論ぜられてきた。これを要するに，土壌の理化学的性質はその所含粘土の含量とそれを構成する粘土鉱物の型，及びその吸着イオンによつて著しく左右されるものと考えられている。

これ等の研究から見て，小向の重粘性土壌に於てもその理化学的特性は多量に含有される粘土の性状に支配されていることが予想され，従つて小向土壌の理化学的性質を更に究明せんとすればその粘土の性状を明かにする必要がある。勿論重粘土の特性と見られるもののうちには粘土が多量に存在することによつて示されるものもあるが，その質的特性に起因するものも見逃し得ないものと考えられる。よつて著者等はまず小向土壌所含の粘土鉱物の種類を明確にせんとして本実験を行つたものである。

実　験　成　績

1. 實験試料

試料は前報[1] に用いたものと全く同じ各層より採集した土壌を夫々約10倍量の水に分散せしめ，30°C の恒温室に於て STOKES の公式に従つて沈底法により 2μ 以下の粘土分散液を採取し，30°C にて乾燥調製した。この試料に就て，化学成分の定量，置換容量，脱水曲線，示差熱曲線，X線廻折線等の測定を行つた。

* 農芸化学部土壌肥料第2研究室
** 北海道大学農学部

2. 化学成分

供試粘土に就て腐植含量を定量した結果は第1表の如くである。これによれば第Ⅱ層の粘土分は多量の腐植を含んでいるが，第Ⅲ層以下には殆ど含まれていないことからみて，第Ⅱ層の粘土分は表面水の滲透不良の結果，この位置に於て生じた有機物に由来する有機膠質物或は有機無機膠質複合体を多量に含有していることが推定され，第Ⅲ層以下に於ては殆どが無機膠質物によつて形成されているものと考えられる。

第1表　供試粘土の腐植含量（無水物百分中）

Table 1　Humus contents of clay fractions. (% in dry matter)

層序	灼熱損失量	腐植*	H_2O^+
Ⅱ	28.80	21.02	7.78
Ⅲ	10.62	3.73	6.89
Ⅳ	10.33	1.26	9.07
Ⅴ	9.80	0.58	9.22
Ⅵ	9.38	0.39	8.99
Ⅶ	9.05	0.41	8.63

* 湿式酸化分解法による

無機成分に就ての完全分析の結果は第2表の如くであるが，珪酸が最も多くて61～66％を占め，礬土，鉄これに次ぎ，この3者の合計は全無機物の93％に及んでおり，塩基殊に石灰，加里は著しく少ないが，曹達は決して少くない。著者の1人佐々木[11]は本土壌の母材鉱物はガラス，斜長石が大部分を占め，紫蘇輝石，角閃石，磁鉄鉱等の有色鉱物は少ないことをあげているが，この点両者の成分的見解を一にしている。又原土に較べ，珪酸は減じ，礬土，鉄，特に表層の礬土は著しく増加しており，従つて珪礬比，珪鉄礬比は減じてはいるが尚3～4である。これより尚相当量の石英の存在することが予想されるのである。

第2表　供試粘土の化学組成　（無機物百分中）

Table 2　Inorganic components of clay fractions. (% in inorganic matter)

層序	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	Mn_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	Total	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/R_2O_3	Fe_2O_3/Al_2O_3	Base/Al_2O_3
Ⅱ	63.69	26.57	5.99	0.77	0.32	0.32	1.33	0.30	1.27	0.42	0.49	101.39	4.07	3.56	0.14	0.24
Ⅲ	66.29	24.65	5.38	0.81	0.19	0.05	1.24	0.27	1.14	0.07	0.19	100.29	4.57	4.01	0.14	0.22
Ⅳ	60.98	28.65	7.27	0.72	0.02	0.04	1.07	0.20	1.12	0.05	0.19	100.31	3.61	3.11	0.16	0.17
Ⅴ	61.20	28.11	7.24	0.59	0.03	0.05	1.14	0.23	1.13	0.05	0.13	99.92	3.70	3.17	0.17	0.18
Ⅵ	63.38	27.89	6.08	0.55	0.03	0.19	0.96	0.30	1.23	0.04	0.13	100.77	3.86	3.39	0.14	0.18
Ⅶ	64.61	26.76	5.13	0.59	0.04	0.39	1.07	0.37	1.37	0.06	0.17	100.55	4.10	3.65	0.12	0.23

次に TAMM の試薬 D[12) 13)] により溶出した易溶性膠質物，及び HARDY の三酸法[14)]，即ち塩酸，硝酸，硫酸の混合液で溶出した難溶性膠質物，不溶性珪酸を定量した結果は，第3，第4表の如くである。易溶性膠質物は表層に多く，下層にゆくに従つて減少している。第Ⅱ，第Ⅲ層の珪鉄礬比は0.40，0.61と可成り低い値を示しており，遊離の鉄及び礬土が可成り存在しているものと考えられる。難溶性膠質物の珪酸，礬土，鉄は全無機成分の68～79％を占め，その珪礬比は約2.5～2.9である。第Ⅱ層のみは3.67と幾分高い値

第3表　供試粘土中の易溶性膠質物（無機物百分中）

Table 3　Result of chemical analysis of soluble colloid in clay fractions after TAMM'S method. (% in inorganic matter)

層序	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Total	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/R_2O_3
Ⅱ	1.07	3.49	1.74	6.30	0.52	0.40
Ⅲ	0.61	1.07	0.98	2.66	0.96	0.61
Ⅳ	0.89	1.22	0.65	2.76	1.23	0.92
Ⅴ	0.75	0.91	0.52	2.18	1.39	1.02
Ⅵ	0.85	0.70	0.28	1.83	2.06	1.64
Ⅶ	0.70	0.56	0.26	1.52	2.13	1.65

第4表　供試粘土中の難溶性膠質物（無機物百分中）

Table 4　Result of chemical analysis of hard soluble colloid in clay fractions. (% in inorganic matter,

層序	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Total	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/R_2O_3	不溶性 SiO_2
Ⅱ	49.94	23.08	4.25	77.27	3.67	3.29	12.68
Ⅲ	40.63	23.58	4.40	68.61	2.92	2.61	25.05
Ⅳ	41.59	27.43	6.62	75.64	2.57	2.23	18.50
Ⅴ	41.79	27.20	6.72	75.71	2.61	2.25	18.66
Ⅵ	45.93	27.19	5.80	78.92	2.87	2.52	16.60
Ⅶ	44.96	26.20	4.87	76.03	2.91	2.60	18.95

を示しているが，これは植物による地下からの持返りによる珪酸に基づくものと考えられる。三酸混合液に不溶の珪酸は第Ⅱ層12.68％，第Ⅲ層25.05％，第Ⅳ層以下16～19％で可成り高い値を示しており，特に A_2 層に相当する第Ⅲ層に著しい傾向を示している。

3. 置換容量

各試料に就て1規定醋酸アンモニア（pH 7.0）を用い置換容量，未飽和度を測定した結果は第5表の如くである。第Ⅲ層以下の置換容量は40～32 m.e./100 g であるが，第Ⅱ層は73 m.e. で著しく大である。然し第Ⅲ層以下は H_2O_2 で処理してもその置換容量に影響は殆ど見受けられないが，第Ⅱ層は明かに減少しており，47 m.e./100 g である。即ち第Ⅱ層は多量の腐植の存在によつて置換容量が増大していることが知られる。ABRUNA 等[4]も Puerto Rico の土壌に就て置換容量を測定し，腐植の置換容量は100～300 m.e./100 g で著しく大きく，土壌の置換容量に対し重要な増力的影響をもつていると述べているが，第Ⅱ層の腐植の置換容量を算出してみると127 m.e./100 g となつている。

第5表　供試粘土の置換容量，未飽和度

Table 5　Base exchange capacity and unsaturate degree of clay fractions.

層序	原粘土 置換容量 (m.e./100g)	置換性水素 (m.e./100g)	未飽和度 (%)
Ⅱ	73.4	27.2	37.10
Ⅲ	35.3	24.8	70.34
Ⅳ	40.0	22.2	55.49
Ⅴ	32.5	19.8	61.07
Ⅵ	36.3	15.6	42.87
Ⅶ	32.6	13.5	41.34

H_2O_2 [illegible]

層序	置換容量 (m.e./100g)	置換性水素 (m.e./100g)	未飽和度 (%)
Ⅱ	46.6	29.4	62.99
Ⅲ	35.4	22.5	63.60
Ⅳ	36.2	22.0	60.93
Ⅴ	35.1	20.0	56.94
Ⅵ	35.3	18.4	52.24
Ⅶ	35.7	15.7	43.92

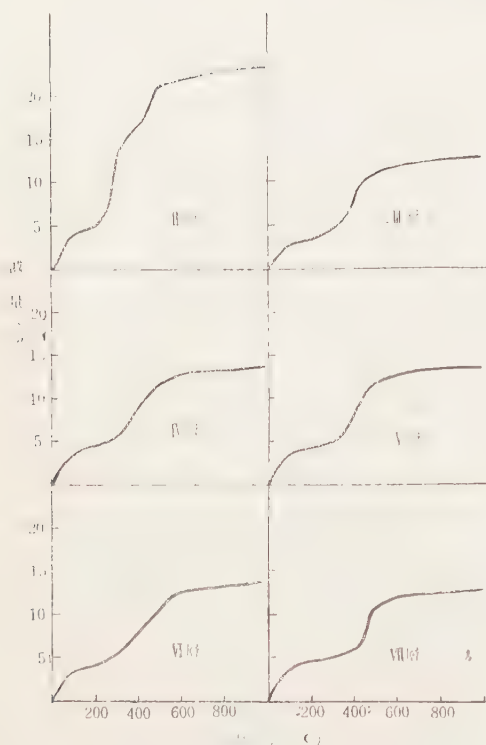
又未飽和度は第Ⅲ層以下70～41％で，下層にゆくに従つて減少している。第Ⅱ層は37％で他の層に比し可成り小さい。しかして H_2O_2 で処理すると，第Ⅲ層以下は H_2O_2 未処理のものに比して著しい増減がないのに対し，第Ⅱ層は明かに増大し，[illegible]

この土壌粘土の置換容量が35～36 m.e./100 g であり，三酸混合液可溶部分即ち大部分が Complex colloid と考えられる成分の珪礬比が2.5～2.9であることから一応 Illite の存在が考えられる。然し化学分析の結果をみると加里の含量が極めて少く，且つ原土のpHが4.9内外の極めて低いことから，Illite の存在より寧ろ Hydrated halloysite の存在を考慮する方が妥当と考えられる。修酸塩溶液は遊離の礬土，鉄，二三酸化物の水和物，及び Allophane を溶解する[15) 16)]とされているが，かかる易溶性膠質物が6.3～1.5％あることより礬土，鉄の遊離状態のもの，或はその水和物が少しく存在し，それが表層程多いものと推察される。又江川等[17)]は TAMM の試薬処理によつて Allophane の破壊溶出が行われる事を示差熱分析，電子顕微鏡写真によつてみており，且つ本土壌表層の粘土分はその易溶性膠質物の珪礬比が0.5～1.0であることから，表層に於ける Allophane の存在も一応考えられる。更に三酸混合液不溶の珪酸は大部分が石英状の珪酸と考えられているものであるが，無機物の13～18％を占めていることから Quartz が可なり存在するものとみられ，全成分の珪礬比が可なり高いのはこの Quartz の存在によるものと推定される。第Ⅱ層は H_2O_2 処理後に於て尚46.6 m.e./100 g の置換容量を有し，且つ三酸混合液可溶膠質物の珪礬比が3.7と他の層に比して何れも幾分高いが，これは後に触れることとする。

以上の分析結果からその存在を推定した所含鉱物を更に明かにする為，脱水曲線，示差熱曲線，X線廻折線，電子顕微鏡写真による測定を試みた。

4. 脱水曲線

H_2O_2 で処理した試料について KELLEY[18)] の方法に準じて脱水曲線を求めた結果は第1図に示す如くである。[illegible]約13％で，350～500°C 間に多量の脱水がみられ，曲線の形は KELLEY 等[18) 19)] の示す Kaolinite 及び Halloysite 型を示している。第Ⅱ層が250°C 附近より著しく多大の減量を示しているのは H_2O_2 処理によつ



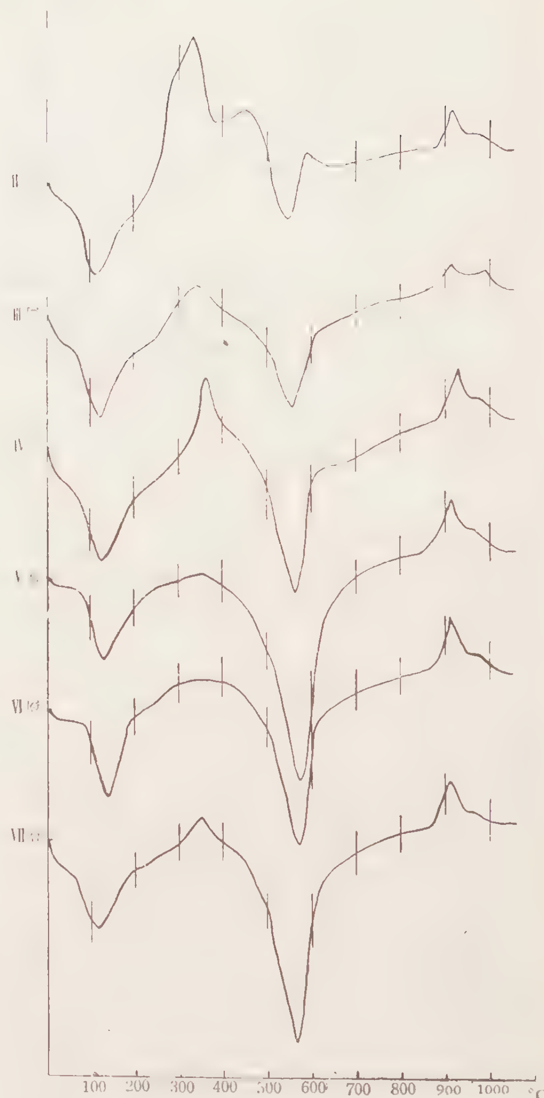
第1図 供試粘土の脱水曲線

Fig. 1 Dehydration curves of clay fractions.

てもなお少量残存する有機物及び二三酸化物の水和物に基づくものであろう。

5. 示差熱曲線

HENDRICKS 及び ALEXANDER[20] の装置に準じて作製した装置により示差熱分析を行つた結果は第2図に示す如くである。何れの試料も 100～130°C, 545～570°C 附近に吸熱ピーク, 900～920°C 附近に発熱ピークを示しており, 主要粘土鉱物は化学分析結果からも予想された如く明かに Hydrated halloysite なることを示している。第Ⅱ層, 第Ⅲ層は 330°C 附近に発熱ピークを示すが恐らく H_2O_2 処理によつてもなお残存する少量の有機物に基づくものであろう。第Ⅳ層以下に於ては 350°C に発熱ピークが見られる。MARTIN[21] によれば遊離の酸化鉄の存在により 400°C附近に発熱ピークを生じ, その場合 150°C の吸熱ピークが非常に増大するとしているが, 恐らくこれと同一のものであろう。即ち 350°C に著しく大なる発熱ピークをもつ第Ⅳ層は 110°C の吸熱ピークに於ても最も深いピークを示している。第Ⅱ層の445°C



第2図 供試粘土の示差熱曲線

Fig. 2 Differential thermal curves of clay fractions.

及び 590°C の発熱ピークに就ては, 須藤[22] は 400～500°C 間の発熱ピークは Pyrite によるとしているが, 母材鉱物より考えると Pyrite の存在は考え難い。江川等[17] によれば Hydrated halloysite と Allophane を混じた場合の示差熱曲線は Allophane の含有率が高くなるに従つて100～200°C の吸熱ピークの振幅が強く且つ鋭くなり, 500～600°C の吸熱ピークが Hydrated halloysite の含有率が高い時より低い温度の所で鈍く現れることをみているが, 本土壌の粘土分に於ても, 下層のものが 560～570°C に吸熱ピークを示している

のに対し，表層のものはそれより少し低い545～550°Cのところに浅く現れており，これから化学分析結果によつて考慮された如く表層に Allophane が混在していることが一応考えられる。ただ江川等の場合両者の900～1000°Cの発熱ピークは完全に重りあつているのに対し，この場合 920°C の他に970°Cにも小さな発熱ピークが存在するのは Hydrated halloysite と Allophane の混在に基づくものか，或は他のものに基づくか明かでない。

6. X線廻折線

各試料粘土に就て H_2O_2 で処理した後，対陰極 Co Kα_1，電圧 53 KV，電流 50 mA，カメラ直径 89.66 mm の条件下で撮影した X 線粉末写真の結果は第6表及び第3図の如くである。

何れの試料にも 10.54Å，4.48Å，3.35Åの強い線，及び2.57Å，2.37Å，2.23Å，1.66Å，1.49Å，1.27Å の線が見られ，MEHMEL[23] の示す Hydrated halloysite の廻折線と一致し，又 3.35Å の

第6表 供試粘土のX線廻折線

Table 6 X-ray diffraction date of clay fractions.

II 層		III 層		IV 層		V 層		VI 層		VII 層	
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
9.92	S*	10.54	S	10.54	S	10.54	S	10.54	S	10.54	M
		7.29	W	7.29	W						
4.89	WW	4.89	WW	4.89	WW	4.89	WW	4.89	WW	5.22	W
4.48	S	4.48	S	4.48	S	4.48	S	4.48	S	4.48	M
4.24	M	4.27	M	4.27	M	4.27	M	4.27	M	4.28	M
4.03	WW			4.02	WW			4.02	WW		
3.68	W	3.71	W	3.68	W	3.70	W	3.70	W	3.70	WW
3.53	W	3.53	W	3.53	W	3.53	W	3.53	WW	3.53	WW
3.35	SS	3.35	SS	3.35	SS	3.35	SS	3.35	SS	3.35	S
3.23	WW	3.23	WW	3.23	WW	3.23	WW	3.23	WW		
2.93	WW	2.93	WW	2.93	WW	2.93	WW	2.93	W	2.94	W
2.85	WW	2.85	WW	2.85	WW	2.85	WW	2.85	WW		
								2.75	WW	2.74	WW
2.57	M	2.57	M	2.57	M	2.57	M	2.57	M	2.56	WW
2.47	WW			2.46	WW						
2.37	WW	2.37	WW	2.37	W～WW	2.37	M～W	2.37	M	2.37	M
2.23	WW	2.23	WW	2.23	WW	2.23	WW	2.23	WW	2.23	WW
2.12	WW	2.12	WW	2.12	WW	2.12	WW	2.12	WW		
1.98	WW	1.99	WW	1.99	WW	1.99	WW	1.99	WW		
1.82	W～WW	1.82	W～WW	1.82	W～WW	1.82	W～WW	1.82	W～WW	1.79	WW
								1.76	WW	1.76	WW
								1.72	WW	1.72	WW
1.66	W～WW	1.66	W	1.66	W	1.66	W	1.66	W～WW	1.68	WW
				1.59	WW						
1.53	W	1.53	W	1.53	W	1.53	W	1.53	W		
1.49	M	1.49	M	1.49	M	1.49	M	1.49	M	1.49	M
1.44	WW	1.44	WW	1.44	WW	1.44	WW	1.44	WW	1.44	W～WW
1.42	M	1.42	M	1.42	M	1.42	M	1.42	M	1.42	M
1.37	W	1.37	W	1.37	W	1.37	W	1.37	W	1.37	WW
		1.27	WW	1.27	WW	1.27	WW	1.27	WW	1.27	WW

* SS=Very strong, S=Strong, M=Mild, W=Weak, WW=Very weak

第Ⅱ層

第Ⅲ層

第Ⅳ層

第Ⅴ層

第Ⅵ層

第Ⅶ層

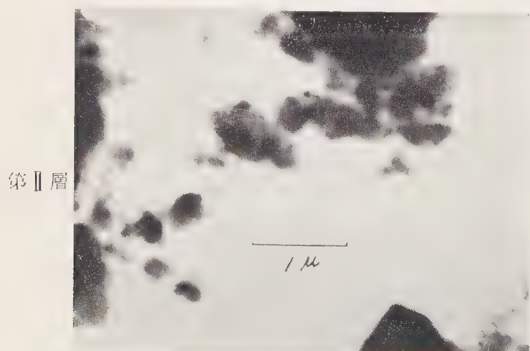
第3図　供試粘土のX線廻折写真

Fig. 3　X-ray diffraction photographs of clay fractions.

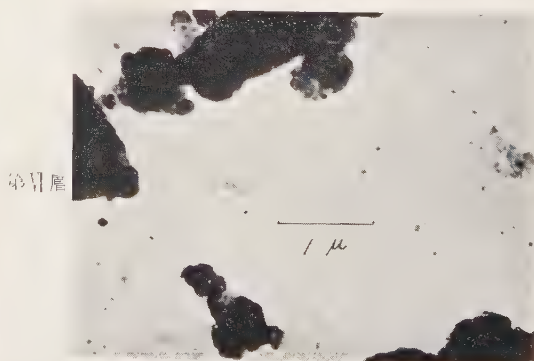
強線及び 4.27Å, 2.47Å, 2.23Å, 2.12Å, 1.99Å, 1.82Å, 1.66Å, 1.53Å, 1.37Å の線より α-Quartz の存在が推定されるが, Montmorillonite 及び Illite の存在は認められない。即ち主要粘土鉱物は Hydrated halloysite であると共に α-Quartz の存在が明かであつて, 化学組成及び示差熱曲線によつて考えられたことと一致している。なお又第Ⅲ,第Ⅳ層には弱くはあるが, 7.29Å の線が見られ, Hydrated halloysite の一部が脱水によつて Halloysite に移行しているものと推定される。

7.　電子顯微鏡寫眞

H_2O_2 で処理した各粘土を懸濁附着法でコロヂ







第4図　供試粘土の電子顕微鏡写真

Fig. 4　Electronmicrograph of clay fractions.

オン膜に附着し，それを電子顕微鏡下に於て検鏡してみると，第4図の如く何れも球状，不定形板状様結晶を示し，長柱又は針状結晶は殆ど認められない。著者の1人佐々木[24]は酸性白土に於てこれと同様の Hydrated halloysite β 型結晶を認め，又増井[25]も片曾根山の土壌よりえた粘土分に就て同様の Hydrated halloysite の結晶を認めており，これらは未だ結晶度の低いものと考えられる。

結　　論

小向重粘性土壌の粘土分（＜2 μ）について，化学分析，脱水曲線の測定，示差熱分析，X線廻折等による粘土鉱物の判定を行つたが，その結果を総合すると，所含の主要粘土鉱物は Hydrated halloysite と考えられ，更に可なりの Quartz，少量の遊離二三酸化物又はその水和物を含むものと推定される。又表層には Allophane の存在，更に第Ⅲ，第Ⅳ層には Hydrated halloysite から一部脱水移行したと考えられる Halloysite の存在の可能性が高い。

著者の1人佐々木[11]は粘土を洗い去つた残渣砂分の構成鉱物を偏光顕微鏡下に於て検鏡し，その大部分は扁平状ガラス，斜長石の無色鉱物によつて占められ，紫蘇輝石，角閃石，磁鉄鉱等の有色鉱物も少量含まれていることを見，更に原土分析の結果珪酸含量の高いことからして石英の含有も考えあわせ，結局小向土壌の母材は Liparitic tuff と推定した。ただ表層は浮石質ガラスを混じ，有色鉱物の粒数割合が下層に比して多いことから，下層と母材を異にし，浮石を含んだ凝灰質に小向の南部山地に現出する安山岩，流紋岩の破砕物を混じたものと考えている。須藤[22]は凝灰岩からの風化生成物として Hydrated halloysite 型又は Montmorillonite 型の粘土が生ずると述べているが，上記の結果からして，小向重粘土もその無機物に就てはおおよそのところ Liparitic tuff が風化によつて粘土化し，Hydrated halloysite が生成されて，Tuff 所含の未風化鉱物が Hydrated halloysite を主体とする粘土鉱物で膠結せしめられているものといえよう。

このような粘土鉱物組成を有する粘土が土壌の理化学性に果して如何なる影響をもたらすかについては，BAVER 等[3][6][7][8][9][10][26]は珪鉄礬比の大小と土壌の物理性，置換能の大小及び置換性イオンの種類と土壌物理性との関係について多くの報告をなし，又 Halloysite, Kaolinite, Montmorillonite, Beidellite 等の鉱物と土壌の物理性との関係についての記載[3][4][6]もある。然し Hydrated halloysite に就ては，我が国に於て最近漸く国内に広く分布していることが明かにされてきたのみで，[17][22][27]外国に於ても殆どその記載がなく，従つて，土壌の理化学性との関係に至つては全く明かにされておらず，今後の研究にまつところである。

本研究を行うに当り懇切なる御指導を賜つた当場農芸化学部長西潟高一技官，北海道大学教授石塚喜明博士，並びに重粘地研究室において御協力をえた深井強技官に対し深甚の謝意を表する。

文　　献

1） 森哲郎（1953）：北・農・試・彙報，65号，17.
2） KELLEY, W. P. (1942)：J. Geol., 50, 307.
3） BAVER, L. D. (1948)：Soil physics.
4） ABRUNA, F. and SMITH, R. M. (1953)：Soil Sci., 75, 411.
5） 山中金次郎（1955）：農・技・研・報告，6号，1.
6） PETERSON, J. B. (1944)：Soil Sci. Soc. Am. Proc., 9, 37.
7） LUTZ, J. F. (1934)：Missouri Agr. Exp. Sta. Research. Bull., 212.
8） LUTZ, J. F. (1935)：Soil Sci., 40, 439.
9） JENNY, H. and REITEMEIER, R. F. (1932)：J. Phys. Chem., 36, 2217.
10） (1935)：J. Phys. Chem., 39, 593.
11） 佐々木清一：未発表
12） TAMM, O. (1922)：Medd. Stat. Skogsforss., 19, 387.
13） ―――― (1932)：Medd. Stat. Skogsforss., 27, 1.
14） HARDY, F. (1931)：J. Agr. Sci., 21, 739.
15） 原田光（1936）：農・化., 12, 1032.
16） ―――（1937）：農・化., 13, 383.
17） 江川友治・渡辺裕・佐藤昭夫（1955）：農・技・研・報告，5号，39.
18） KELLEY, W. P., JENNY, H. and BROWN, S. M. (1936)：Soil Sci., 41, 259.
19） KELLEY, W. P., DORE, W. H., WOODFORD, A. O. and BROWN, S. M. (1939)：Soil Sci.,

48, 201.

20) HENDRICKS, S. B. and ALEXANDER, L. T. (1939): Soil Sci., 48, 257.

21) MARTIN, R. T. ([illegible]): Soil Sci., [illegible].

22) 須藤俊男 (1953): 粘土鉱物.

23) MEHMEL, M. (1935): Zeit. Krist., 90, 35.

24) 佐々木清一 (1951): 土・肥・誌., 21, 261.

25) [illegible] (1954): 土・肥・誌., 24, [illegible].

26) WINTERKORN, H. and BAVER, L. D. (1934): Soil Sci., 38, 291.

27) 塩入松三郎・福沢鶴美 (1931): 土・肥・誌., 22, 15.

Résumé

In a previous paper one of the authors, MORI, reported that the so-called heavy clay soil at Komukai, Kitami Subprefecture, contains large amounts of clay fraction and shows high volume weight, small porosity, low water capacity, low air capacity and small capillary permeability; the exchange and hydrolytic acidity is very high. These characteristics of the soil will be attributed to the nature of clay fraction, especially of the nature of clay minerals in clay fraction.

So, the primary object of the present experiment is to identify the minerals of clay fraction ($<2\mu$) in the heavy clay soil at Komukai. Experiments were carried for the determination of chemical components, exchange capacity, dehydration curve, differential thermal curve, X-ray diffraction pattern and electronmicrograph of clay fractions ($<2\mu$) after having been treated with hydrogen peroxide.

From these results it is identified that, in the so-called heavy clay soil at Komukai, hydrated halloysite is the dominant clay mineral in the clay fraction ($<2\mu$) of each horizon. And the clay fraction of each horizon contains a considerable amount of quartz and a small amount of free R_2O_3 or hydrated R_2O_3. Moreover, there is a possibility of the existence of a little allophane in the clay fraction of surface layer and a little halloysite in the clay fraction of 3rd and 4th horizon.

土壌の亜硝酸集積条件に関する研究

坂 井 弘*

STUDIES ON THE CONDITIONS AFFECTING NITRITE ACCUMULATION IN THE SOIL

By Hiroshi SAKAI

緒 言

北海道における水稲の温冷床育苗に際し大きな障害となつているものの一つに"ムレ苗"の発生がある。"ムレ苗"は病菌の寄生によらないで苗が葉を針状に巻いて萎凋してくる特徴を示すものであつて，この防止に寄与しようとして既に2，3の研究[14]がなされている。中でも西潟ら[15]は土壌に由来するものであるとの考えに立つて検討を加えた結果，根の有害因子として亜硝酸の存在を見出し，殊に石灰，石灰窒素などのアルカリ性の肥料を施用した時に著しく，亜硝酸の生成量と"ムレ苗"発生程度とが明らかに結び付けて考えられることを報告している。

土壌中で亜硝酸は硝酸の還元，あるいはアムモニア，それに2，3のオキシム[16]の直接酸化によつて容易に生成するが，普通それが植物根に被害をあたえると思われるほど多量に集積することはほとんどないものと考えられていた[19]。

しかるに渡辺ら[20]は直播栽培の水稲が湛水障害を起す原因として土壌の硝酸還元による亜硝酸の集積を考え，又畑土壌について FRAPS ら[7]を初めとして2，3の研究者[3) 13)]がアルカリ土壌でかなり亜硝酸の集積があると報告し，DROUINEAU ら[17]は土壌に過剰の炭酸石灰を施せば亜硝酸の集積がみられると述べている。近年尿素のような無硫酸根肥料がひろく使用され，更にはアンモニア水や無水アンモニアの施用がみられるようになつてしばしば中性ないしアルカリ性土壌では多量の亜硝酸がしかも数箇月に亘つて集積していることがみとめられ，これについては2，3の報告[4) 5) 6)]がある。

* 農芸化学部土壌肥料第4研究室

著者はまず西潟らの結果を検討し，冷床苗代土壌に亜硝酸が集積する条件と，更に亜硝酸の生成機作を明らかにしようとして主として室内実験を行い，一応の結論を得たのでその結果をとりまとめて報告する。

実 験 方 法

供試土壌 特別に明記する場合のほかは昭和27年において当場土壌肥料第3研究室で使用した苗代用土の風乾土を2 mmの篩を通したもので，その性質は第1表の通りである。

第1表 供試土壌の性質（乾土100 g 当 mg）

Table 1 General properties of the applied soil (mg in 100 g dry soil).

地質	来歴	容水量 %	pH	C %	N %	C/N
琴似沖積土	堆厩肥無施用畑土	70.0	5.2	1.85	0.21	8.81

NH_4-N mg	NO_3-N mg	N/5HCl 可溶 P_2O_5mg	置換容量 m. e.	置換性石灰 mg	乾土効果N mg	硝酸化成率 %
2.19	1.13	19	26.0	0.41	3.58	72.5

土壌培養 土壌を100 cc 容三角フラスコに乾土50 g 相当量を入れ，所要量の炭酸石灰を加え，よく攪拌して後，予め N は12.5 mg を容水量の40 % から120 % に土壌水分を調整するに必要な量の蒸溜水にとかして加え，28°C に培養し，1回の分析にはフラスコの内容を全部使用した。

液体培養 200cc 容三角フラスコに培養液50cc を入れ，これに培養土の生土10 g を20cc の水で振盪して得た懸濁液1滴を加えて28°C に培養し，途中の分析はその一部をとつて行つた。

化學分析法 pH：キンヒドロン電極法
Eh：Brown 法
NH_4-N：Harper 法
NO_3-N：Harper 法
NO_2-N：Griess 法
置換性アンモニア：A. O. A. C 法

微生物實驗法 各菌種とも試験管に培養液5 cc 入れて用い，dilution frequency method によつて測定したが，使用培養液[1] は次の如くである。

亜硝酸菌：*Nitrosomonas* spp. 用 Stephenson 培養液

硝酸菌：*Nitrobacter* spp. 用 Stephenson 培養液

硝酸還元菌：Giltay 培養液（アスパラギンの代りにペプトンを使用）

実 験 結 果

1. 土壌のアルカリ性化による亜硝酸の集積

硫酸アンモニア、炭酸石灰加用 窒素をアンモニア態で施用した場合について，炭酸石灰量と土壌水分が窒素の形態変化に及ぼす影響を詳細に時間的に追跡してみると，第2表に示すように炭酸石灰を加えないとほとんど亜硝酸は増加しないが，

第2表 硫酸アンモニアを施用した場合の炭酸石灰加用量及び土壌水分と亜硝酸の集積との関係

Table 2 Effect of liming and moisture content on the accumlation of nitrite in soils applied with $(NH_4)_2SO_4$.

炭酸石灰加用量（対乾土%）	培養日数	水分含有率（対容水量%）									
		40		60		80		100		120	
		NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg
0	0	1.3	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	1.7	2.6	1.8	3.6	2.6	4.1	2.0	0.2	1.1	0
	14	2.8	7.5	2.5	14.3	Tr	16.0	Tr	0.3	Tr	0
	21	5.5	10.0	11.0	18.0	4.5	21.5	15.5	1.2	7.0	0.3
	28	3.0	12.8	2.0	21.0	3.7	24.0	2.7	2.4	3.5	1.2
1	7	37.5	4.5	205.0	5.5	335.0	7.3	32.5	0	2.3	0
	14	19.0	22.5	5.0	29.5	4.8	25.0	16.5	3.8	55.0	1.3
	21	4.6	29.0	4.6	30.0	3.2	31.0	13.7	6.5	14.2	3.3
	28	2.8	31.3	3.0	31.5	2.3	31.3	9.2	10.3	9.8	4.8
5	7	1500.0	3.8	1600.0	5.5	950.0	7.3	80.0	0	115.0	0
	14	26.0	27.5	10.0	30.6	4.4	27.5	108.0	3.8	720.0	0.4
	21	10.8	35.0	2.5	33.1	3.3	31.3	25.5	7.0	400.0	2.8
	28	3.2	41.3	1.9	37.5	1.5	33.8	9.0	10.0	60.0	3.6

炭酸石灰を加えると亜硝酸が集積し，その添加量を増すことによつて更に著しく増加する。しかし培養時間によつてその変動が激しく，しかも土壌水分によつてその様相を異にする。水分が容水量の80%以下の場合では1週間に集積が最高に達して乾土100g当1.6mgにもなり，以後急激に低下するが，これ以上水分をます時はこの時期が後にずれ，しかもその減少過程は急激でない。この際の土壌の酸化還元電位の推移をみると第3表のようであり，炭酸石灰加用により Eh は一度下つてから上昇する経過をとるが，高水分ほど Eh の低下が激しい割合に上昇が緩やかであり，亜硝酸の蓄積と関連が認められた。硝酸生成も同様に右

第3表 炭酸石灰を加用した土壌の pH 及び Eh の変化

Table 3 pH and Eh transition in limed soils.

培養日数	水分含有率（対容水量%）：炭酸石灰加用量（対乾土%）							
	80：0		40：5		80：5		120：5	
	pH	Eh mV	pH	Eh mV	pH	Eh mV	pH	Eh mV
0	5.06	344	7.09	279	-	-	-	-
7	5.17	357	7.07	275	7.50	175	7.03	153
14	5.21	365	7.74	270	7.52	272	7.30	233
21	5.32	278	7.62	296	7.44	298	7.43	261

灰の加用により著しく促進されるが，亜硝酸の集積は硝酸化成が未だ遅滞している期間に著しく起ることが認められる。

硫酸アンモニア，炭酸ソーダ加用　石灰加用により土壌の反応が著しくたかめられるので，これにほぼ相当する pH に炭酸ソーダを用いて反応を調整し，前と同様の実験を行つた。その結果は第4表の通りであるが，ほとんど同様の傾向がみとめられ，pH の上昇によつて亜硝酸の集積が促進されることを知つた。したがつて石灰加用による亜硝酸の増加は土壌反応の上昇によるものであることが認められる。ただし高水分の場合亜硝酸の生成が少なく，硝酸化成は著しく低下し，むしろ減少すらうかがえた。

硝酸ソーダ，炭酸石灰加用　窒素源を硝酸態で施用した場合についても（第5表），ことに石灰を多用すると1週までに亜硝酸のかなりの集積がみられた。この場合水分が飽和状態であつてもその量は少ないながら同一傾向でその後に最高の集積が出ることがなかつた。そこで炭酸石灰5g加用した場合窒素源をかえることによる培養1週目の亜硝酸の集積量を第6表に整理して比較してみた。この場合窒素無添加でもかなりの亜硝酸の集積がみられたのでこの分を差引いてみると硫酸アンモニアを与えた時の集積が硝酸ソーダを与えた時よりも数等多いことが認められた。したがつてこの場合の亜硝酸の集積は主としてアンモニアの不完全酸化によつて起るものと推定した。

第4表　硫酸アンモニアを施用した場合の土壌の pH と亜硝酸の集積との関係（炭酸ソーダで調整）

Table 4　Effect of pH on the accumulation of nitrite in soils applied with $(NH_4)_2SO_4$ (prepared by Na_2CO_3).

PH	培養日数	水分含有率（対容水量%） 40 No_2-N μg	40 No_3-N mg	80 No_2-N μg	80 No_3-N mg	120 No_2-N μg	120 No_3-N mg
6.43	0	1.3	1.9	-	-	-	-
	7	1.8	3.4	4.7	4.8	4.2	0
	14	8.2	9.3	7.6	19.8	11.4	0.8
	21	7.4	16.3	7.0	31.3	9.4	0.6
7.33	7	125.0	2.3	188.0	3.4	1.1	0
	14	425.0	6.3	387.5	22.5	7.6	0
	21	26.0	16.9	6.6	32.5	7.6	0
7.73	7	158.0	1.7	163.0	1.9	1.5	0
	14	1825.0	4.3	1525.0	16.0	9.6	0
	21	2075.0	12.5	17.0	33.8	16.5	0

第5表　硝酸ソーダを施用した場合の炭酸石灰加用量及び土壌水分と亜硝酸の集積との関係

Table 5　Effect of liming and moisture content on the accumulation of nitrite in soils applied with $NaNO_3$.

炭酸石灰加用量（対乾土%）	培養日数	水分含有率（対容水量%） 40 NO_2-N μg	40 NO_3-N mg	60 NO_2-N μg	60 NO_3-N mg	80 NO_2-N μg	80 NO_3-N mg	100 NO_2-N μg	100 NO_3-N mg	120 NO_2-N μg	120 NO_3-N mg
0	0	1.3	25.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	12.8	21.5	12.4	22.0	10.4	25.0	13.6	12.0	10.8	14.5
	14	13.6	26.3	18.5	28.8	13.5	28.8	10.8	13.5	10.8	15.0
	21	12.5	28.1	10	31.3	11.6	31.3	9.5	15.0	9.0	18.8
	28	5.4	29.4	4.3	32.5	2.8	31.3	3.2	23.1	4.2	20.6
5	2	49.0	27.8	160.0	26.4	207.5	25.0	77.5	23.1	75.0	23.1
	7	900.0	23.8	1125.0	25.0	575.0	25.0	38.0	15.5	50.0	15.5
	14	97.5	25.0	14.5	32.5	14.5	32.5	17.5	14.5	18.0	12.0
	21	10.6	32.5	5.6	37.5	4.1	32.5	7.2	15.0	9.0	12.5
	28	6.4	36.3	4.6	40.0	3.8	35.0	4.2	15.6	5.0	13.8

窒素の形態変化に関与する微生物の消長　上述の推定を確かめる一手段としてその作用者である微生物を調査することが有効と考えられるので主として無機態窒素の消長にあずかるとみられている微生物の数の動きを調べてみた。第7表の結果によると，土壌反応をたかめる時は亜硝酸菌と硝酸菌との生育が促進されるが，殊に亜硝酸菌数の増加

第6表　窒素源加用による亜硝酸集積量の増加
（炭酸石灰5％加用，培養1週間）

Table 6　Comparison of nitrite accumulation as related to source of nitrogen ($CaCO_3$ 5%, 1 week incubation).

窒素源 種類	水分含有率（対容水量%） 40 µg	60 µg	80 µg
無窒素	637	750	128
硫酸アンモニア	1,500	1,600	950
（増加）	863	850	782
硝酸ソーダ	900	1,125	575
（増加）	263	375	447

が硝酸菌に比して優[illegible]れており，他方硝酸[illegible]窒素を加用しても，この場合特に硝酸還元菌の増殖は認められないので，[illegible]に硝酸還元菌が関与しないものと見做され，アンモニアの亜硝酸菌による直接酸化で行われることが明らかになった。なお1日[illegible]ことによつて生じた硝酸還元菌の顕著な増加は土壌有機物の解膠による易分解性有機物の供給のような別個の原因によるものと考えられる。

硝酸菌数　上記の結果は当然供試土壌の硝酸菌の活性によつて多少変つてくるはずと思われるので，当場の圃場で苗代用土として毎年堆肥と緑肥とを入れて，いわゆる培養している土壌とそのような処理をしてない土壌とをいろいろな時期に採取し，硝酸菌数を測定するとともに炭酸石灰を加えて培養実験を行い亜硝酸の集積を比較し第8表に結果を示した。これによるとほぼ期待した通りの結果がみられており，硝酸菌の多い培養土で硝酸化成が早く，しかもつよく進行し，亜硝酸は培養3日目にわずかに認められるにすぎないが，無培養土では硝酸菌数が少いために亜硝酸の著しい集積が起ることが認められた。

2.　亜硝酸集積に及ぼす他の諸条件の検討

亜硝酸菌と硝酸菌との初期生育の不均衡から亜硝酸が集積するものならば，何らかの方法で硝酸[illegible]の集積がみられてよいはずである。これについて2，3の[illegible]

第7表　各種処理に伴う土壌の亜硝酸菌，硝酸菌及び硝酸還元菌の消長

Table 7　Changes in number of nitrite producer, nitrite oxidizer and nitrate reducer in soils as related to various treatments.

処理	亜硝酸菌（×10⁴） 培養当初	1週	2週	3週	硝酸菌（×10³） 培養当初	1週	2週	3週	硝酸還元菌（×10⁵） 培養当初	1週	2週	3週
硫酸アンモニア，炭酸石灰，容水量 40%	14	210	2200	700	2	4.5	230	140	17	170	700	78
〃 80%	-	110	490	320	-	200.0	560	4	-	170	140	68
〃 120%	-	193	430	92	-	2.4	7.9	54	-	68	78	17
硫酸アンモニア容水量 80%	-	21	280	54	-	1.3	0.18	0.11	-	120	240	15
硫酸アンモニア，pH7.73〃80%	-	270	490	330	-	0.46	1600	920	-	1700	1400	490
硝酸ソーダ，炭酸石灰 〃80%	-	130	210	70	-	20	49	160	-	170	110	45
硝酸ソーダ 〃80%	-	40	13	21	-	0.68	0.072	0.02	-	5.4	110	22

第8表　土壌の硝酸菌数と亜硝酸の集積との関係

Table 8　Effect of number of nitrite oxdizer on the accumulation of nitrite.

土壌の種類と硝酸菌数（[illegible]）

培養日数	10月17日採取 培養土：920 炭酸石灰1%加用 NO₂-N µg	NO₃-N mg	炭酸石灰5%加用 NO₂-N µg	NO₃-N mg	5月22日採取 培養土：3[illegible] 炭酸石灰5%加用 NO₂-N µg	NO₃-N mg	5月22日採取 無培養土：2.2 炭酸石灰5%加用 NO₂-N µg	NO₃-N mg	10月17日採取 無培養土：1.4 炭酸石灰1%加用 NO₂-N µg	NO₃-N mg	炭酸石灰5%加用 NO₂-N µg	NO₃-N mg	苗代用土：0.0[illegible] 炭酸石灰1%加用 NO₂-N µg	NO₃-N mg	炭酸石灰5%加用 NO₂-N µg	NO₃-N mg
3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.9	[illegible]	[illegible]
7	29	31.3	32	34.4	46	17.5	880	9.0	575	14.5	1820	13.0	760	3.9	1550	3.6

発育阻害剤 Hg̈, Cü 及び Zn̈ の金属イォンのほかに陰イォンでは ClO'_3 が特異的に硝酸菌の活性を抑制することが報告[12)8)]されている。第9表の結果によればこの場合のように直接土壌に施すときは，従来液体培養についての報告にみられる場合に比べてはなはだしく多い量を添加してはじめて亜硝酸の集積の傾向が認められた。勿論このような添加量では亜硝酸菌も被害を蒙むることが推定され，したがつて集積量は必しも多くないものと考えられる。

第9表 阻害物質加用と亜硝酸集積との関係

Table 9 Effect of inhibitory substances on the accumulation of nitrite.

培養日数	$HgCl_2$				$CuSO_4$				$ZnSO_4$				$KClO_3$			
	0.1 M*		1 M		1 M		10 M		1 M		10 M		10^{-4}M		10^{-3}M	
	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg
0	1.3	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	24	2.3	24	1.9	26	3.1	33	2.3	26	4.0	30	2.1	27	5.0	25	2.1
14	63	2.9	39	2.4	33	8.8	50	2.1	32	8.0	41	2.7	30	11.8	42	2.9
21	30	11.0	30	4.8	17	20.0	56	2.5	24	18.1	66	2.3	30	22.5	74	7.3

* 土壌水分に換算

グルコース 易分解性有機物の影響をみるため，グルコースを添加して培養1週目の亜硝酸の集積を調べてみた。グルコースの影響についてはかなり議論[10)11)]のあるところであるが，第9表にみられるように一応 10 mg 加用のところに亜硝酸集積の最大が出ており，この量が亜硝酸菌と硝酸菌との活性の隔差を最も大きくするものとみられる。石灰を同時に加用する時は著しく亜硝酸が集積するが，グルコースの添加の影響はかくれてしまうようである。

第10表 グルコース加用と亜硝酸集積との関係（培養1週間）

Table 10 Effect of glucose on the accumulation of nitrite (1 week incubation).

炭酸石灰加用量（対乾土%）	乾土 100 g 当グルコース加用量（mg）							
	5		10		50		100	
	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg
0	3.4	5.6	75	5.0	28	2.1	16	0.6
5	1150	11.5	1150	10.0	1150	6.3	640	3.4

還元剤 さきに西潟ら[15)]は苗代土壌にハイドロキノンを添加する時は亜硝酸の蓄積が著しく起ることを報告しているが，還元剤[16)]の影響を検討するため併せてハイドロキノンよりも還元力がつよいチオグリコール酸ソーダを用いて実験を行つた。その結果は第11表にみられるが，チオグリ

第11表 還元剤加用と亜硝酸集積との関係

Table 11 Effect of reducing reagents on the accumulation of nitrite.

還元剤（乾土 100 g 当 mg）		炭酸石灰加用量（対乾土%）	培養日数 0		7		14		21	
			NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg	NO_2-N μg	NO_3-N mg
チオグリコール酸ソーダ	10	0	1.3	1.9	12	1.7	17	2.3	22	3.8
〃	100	0	-	-	45	0	100	0	78	0
〃	100	5	-	-	3200	4.1	50	16.9	29	29.4
ハイドロキノン	5	0	-	-	26	3.2	30	9.1	39	13.3
〃	10	0	-	-	27	3.3	37	4.1	42	9.3
〃	10	5	-	-	2300	3.0	62	16.3	42	22.5

コール酸ソーダは硝酸菌に対する阻害効果がハイドロキノンよりも大きく，亜硝酸を多く集積する。しかも石灰を併用するときは夫々の単用の場合よりも著しく亜硝酸の集積量を増加させる。

培養温度　第12表は培養温度[5) 9)]による亜硝酸の集積状況に対する調査結果である。硝酸菌と亜硝酸菌との発育の限界温度は必ずしも等しくないと思われるが，培養温度が 14°C 位では 28°C の場合と亜硝酸集積の傾向が同様であつても最高の集積時期は幾分おくれてくるのがみられる。著しいのは 8°C の場合で硝酸化成はほとんど進まないが，亜硝酸は石灰を加用しなくても 1 週目に一旦最高に達して後，3 週目をすぎて再び上昇しはじめ，5 週目にもなお増加の傾向がみられ，特に石灰を加用する時は著しく亜硝酸の集積量が増加してくる。

第12表　培養温度と亜硝酸の集積との関係

Table 12　Effect of temperature on the accumulation of nitrite.

培養温度 °C	炭酸石灰加用量 (対乾土%)	0 NO_2-N μg	0 NO_3-N mg	3 NO_2-N μg	3 NO_3-N mg	7 NO_2-N μg	7 NO_3-N mg	14 NO_2-N μg	14 NO_3-N mg	21 NO_2-N μg	21 NO_3-N mg	28 NO_2-N μg	28 NO_3-N mg	35 NO_2-N μg	35 NO_3-N mg
8	0	1.3	1.9	-	-	60	-	42	2.25	19	3.0	40	4.13	390	5.25
	5	-	-	-	-	104	-	92	2.10	165	2.5	617	2.88	1100	4.5
14	0	-	-	16	2.5	21	3.8	16	6.0	28	12.3	23	13.0	-	-
	5	-	-	60	2.5	440	4.1	1400	10.3	32	26.9	27	26.9	-	-

（培養日数：0, 3, 7, 14, 21, 28, 35）

石灰の混和状態　実際問題として石灰その他の肥料を土壌に混和するにはかなりの労力を要し，なかなか充分には行えないものである。そこでかなりの石灰量を施しても一部分に局部的に入ることによつて亜硝酸が部分的に著しく集積する場合もありうると思われるので，同量の炭酸石灰を施して一方は充分土壌を攪拌し，他方は土壌の一部分に施し，しかもガラス棒で少し粗まぜにした場合について比較してみた。第13表の実験結果によれば亜硝酸集積量を供試土壌の全量についてみると，明らかに炭酸石灰の混合不完全の時にはその添加量の比較的少い場合でも亜硝酸集積量がはなはだしく増加することが見られる。

第13表　炭酸石灰の混合状態と亜硝酸集積との関係（培養 1 週間）

Table 13　Effect of distribution of $CaCO_3$ applied in soil (1 week incubation).

炭酸石灰 g / 水分含有率（対容水量%）/ 混合状態	0.5 / 40 NO_2-N μg	0.5 / 40 NO_3-N mg	1.0 / 40 NO_2-N μg	1.0 / 40 NO_3-N mg	1.0 / 60 NO_2-N μg	1.0 / 60 NO_3-N mg
土壌全体に充分混合	60.0	5.8	72.5	4.5	205.0	5.5
土壌の一部分に粗く混合	117.5	4.3	230.0	4.0	232.5	4.5

3.　亜硝酸菌と硝酸菌との生理的性質の比較

炭酸石灰を加用した場合に亜硝酸菌と硝酸菌との生育経過に不均衡が生ずる原因を明らかにするため，両菌種の生理的性質を比較し 2, 3 の検討を加えた。

燐酸要求　FRAPS ら[7)]は両菌種の燐酸要求度に差異があるとしているので，これを追試するために土壌 100 g に炭酸石灰 1 g を加用しておいて KH_2PO_4 の添加が亜硝酸集積に及ぼす影響をみた。第14表によると KH_2PO_4 を石灰とほぼ当量施す時にはじめて亜硝酸の集積量は減少してきた。

第14表　燐酸加用量と亜硝酸集積との関係
（炭酸石灰 1 g 加用）

Table 14　Effect of phosphate applicatin on the accumuation of nitrite.

培養日数	0 NO_2-N μg	0 NO_3-N mg	0.12 NO_2-N μg	0.12 NO_3-N mg	1.2 NO_2-N μg	1.2 NO_3-N mg
0	13	1.10	-	-	-	-
3	325	1.69	200	1.62	45	1.56
7	1250	11.25	1900	11.50	36	6.00
14	11	28.12	24	26.12	24	21.25

（乾土 100 g 当 KH_2PO_4 加用量 g）

が，硝酸化成の方も必しも進んではおらなかつた。

pH　液体培養液の培養当初の pH を 6.0, 7.0 及び8.0 として pH が微生物によるアンモニアと亜硝酸の酸化速度に及ぼす影響[12]を比較すると（第 15 表）硝酸化成は pH 6～8の範囲ではほとんど変らないが，亜硝酸化成は pH がアルカリに傾くときは著しく促進されることが見られ，炭酸石灰の加用によつて特に亜硝酸菌の増殖が促進されることを裏付けるものである。

第 15 表　液体培養の反応が化成速度に及ぼす影響

Table 15　Comparison of activity of nitrite producer and oxidizer with pH of liquid media as measured by the oxidation rate (mg in 100 cc).

基質（生成物）	培養液の pH	培養日数 7	14	21	28
		mg	mg	mg	mg
硫酸アンモニア (NO_2-N)	6.0	0.10	0.98	0.68	0.48
	7.0	0.23	1.54	1.52	1.50
	8.0	0.36	2.20	1.84	1.75
亜硝酸ソーダ (NO_3-N)	6.0	0.46	3.9	19.0	22.0
	7.0	0.51	3.4	20.5	21.5
	8.0	0.54	2.5	19.25	21.0

培養液の深さ　内径 28 mm の平底のガラス壜に両菌種の培養液を入れてそれぞれ 11 mm, 36 mm 及び 70 mm の深さのものをつくり，培養液の深さを変えることにより酸素の供給量に差をつけて，上記と同様の方法により両菌種の活性を比較して第 16 表に示した。これでみられるように亜硝酸菌は純好気性とみられている[2]硝酸菌ほど酸素の供給の影響をうけないことがうかがわれ，土壌の高水分の場合にも硝酸化成がほとんど進行しないにも拘わらず亜硝酸が集積する事実が説明づけられる。

第 16 表　液体培養の深さが化成速度に及ぼす影響（培養液 100 cc 当 mg）

Table 16　Comparison of activity of nitrite producer and oxidizer with the depth of liquid media as measured by the oxidation rate (mg in 100cc).

基質（生成物）	培養液の深さ mm	培養日数 3	7	14	21
		mg	mg	mg	mg
硫酸アンモニア (NO_2-N)	11	0.0470	1.25	3.25	3.90
	36	0.0019	0.98	1.30	3.40
	70	0.0014	0.57	1.15	2.90
亜硝酸ソーダ (NO_3-N)	11	0.91	1.09	4.20	19.0
	36	0.84	0.91	1.95	10.0
	70	0.70	0.70	1.04	7.6

遊離 $NH_4^{\cdot}$　硝酸菌は遊離の $NH_4^{\cdot}$ の阻害をうけることはすでに報告[13) 18)]がみられるところであるが，液体培養を用い NH_4-N を硫酸アンモニアで 100 cc 当 0～30 mg を加えて亜硝酸の酸化に及ぼす影響をみたが，第 17 表によると 10 mg 位ですでに約 40 % 抑制をうけることが認められる。実際の土壌について炭酸石灰の加用と土壌水分の多少が添加した $NH_4^{\cdot}$ の形態に及ぼす影響をみると（第 18 表），アンモニアの固定を一応無視して計算して，添加した NH_4-N から A. O. A. C 法による置換性 NH_4-N を差引いた値を遊離アンモニアとして計算してみると，炭酸石灰を加えることにより遊離の $NH_4^{\cdot}$ が増加の傾向を示し，土壌水分が容水量 40 %～ 80 %では大差ないが，120 %では 24 時間放置で著しく多いことになる。しかしながら 7 日後には直接土壌を phenolphthalein アルカリ性のアルコールで洗滌して得ら

第 17 表　亜硝酸の生物的酸化に及ぼすアンモニアイオンの影響（培養液 100 cc 当 NO_3-N mg）

Table 17　Effect of $NH_4^{\cdot}$ on biological nitrite oxidation in liquid culture (NO_3-N mg in 100cc).

培養日数 ＼ NH_4-N mg	0	10	20	30
	mg	mg	mg	mg
5	0.29	0.27	0.29	0.28
7	2.16	1.75	1.59	1.42
9	9.31	5.72	4.95	5.00

第 18 表　炭酸石灰加用及び土壌水分と加用アンモニア形態との関係

Table 18　Effect of moisture content on NH4˙ status in limed soils.

処理	24 時間後 置換性 NH_4-N	24 時間後 遊離 NH_4-N（計算値）	7 日後 置換性 NH_4-N	7 日後 遊離 NH_4-N
	mg	mg	mg	mg
容水量 80%	23.36	3.74	18.98	2.92
炭酸石灰 5% 容水量 40%	20.44	6.66	17.88	3.89
炭酸石灰 5% 容水量 80%	21.90	5.20	2.19	1.46
炭酸石灰 5% 容水量 120%	8.76	18.34	7.30	2.92

れる遊離 NH_4-N はもはや大差がなくなつていた。第19表に示した炭酸石灰の加用量との関係

第19表 容水量40%水分の場合の炭酸石灰加用量と加用アンモニアの形態との関係(24時間後)

Table 19 Effect of liming on $NH_4^{\cdot}$ status in moisture content correspond to 40% of water holding capacity (after 24 hours).

炭酸石灰加用量 g	0	0.5	1.0	2.5	5.0
100g 乾土当置換性 NH_4-N mg	24.53	24.09	23.51	23.21	20.44
100 cc 土壌水分当遊離 NH_4-N mg (計算値)	10.29	12.05	14.37	15.57	26.66

をみると，水分が容水量の60%の場合に土壌水分100cc当に換算すると遊離アンモニアはすでに炭酸石灰を加えないときに10mgを越えているが，その加用量の増加にともなつて著しい増加の傾向を示しており，第7表に示した実験結果と併せ考えてみると，遊離 $NH_4^{\cdot}$ の存在も当然亜硝酸の集積に影響をあたえることになる。

考　　察

亜硝酸は硝酸化成や硝酸還元の中間物質として一時的に生成するものであるから，ほとんど集積せず，普通の土壌中には極めて微量にしか存在しないものである。西潟ら[15]は偶々石灰を加用して土壌の反応をたかめ，更にはハイドロキノンを加用して土壌の酸化還元電位を低下させたときに著量の亜硝酸が集積することをみている。このような亜硝酸がいかなる経路で出来るものかと云えば，上記の実験結果にみられる通り，畑土壌では水分の多寡にかかわらず，既に存在する硝酸の還元によるものではなくて，アンモニアの不完全酸化によつて生ずるものであり，この点水田土壌についての渡辺ら[20]の報告するところと異つている。また水分過剰の条件下で亜硝酸の集積期間が長かつたが，これは酸化還元電位が亜硝酸の安定な幅の中にあるというよりも，亜硝酸菌が比較的酸素の乏しい条件でも発育するためによると考えられる。もともと亜硝酸菌はアンモニアの硝酸化成における前駆者であり，亜硝酸菌の作用なくして硝酸菌の発育は起り得ないのであるから，硝酸菌の活性は亜硝酸菌に左右されるところであり，両菌種間の活性の不均衡による亜硝酸の集積は亜硝酸菌の活性が促進されるにせよ，遅滞するにせよ，いずれの場合にも硝酸菌の方が更に立ちおくれするためと考えられる。土壌反応をたかめる時は両菌種ともに発育を促進されるが，特に亜硝酸菌は反応の高い方で生育がよく，上述のように前駆者であるためにもまず著しく増殖するので，硝酸菌の活性がこれに追いつくまでに著量の亜硝酸が蓄積される。MARTIN ら[12]は亜硝酸菌の発育最適 pH は8.6で，高い pH の影響をあまりうけないのに対し，硝酸菌は7.7であるから土壌が著しくアルカリ性の場合にはまず亜硝酸菌が働いて亜硝酸を集積し，pH を7.7位まで下げてから硝酸菌が生育し出すと説明し，FRAPS ら[7]は燐酸要求度が亜硝酸菌より硝酸菌の方が高く，アルカリ性では燐酸が不可給態化するために硝酸菌の発育が比較して悪くなることに帰している。しかしながら著者の場合，炭酸石灰を加えても pH は7.8を上まわることがなく，しかも硝酸菌は pH 6.0～8.0の間で活性にほとんど差がみられていない。また燐酸を多量に施与する時はたとえ石灰を加えてあつても亜硝酸の集積が幾分減少してくるようであるが，硝酸化成はそれ以上に減退の程度が高く，燐酸施用によつて硝酸菌の活性が特に増すということは考えられない。このため硝酸菌が常に多く保持されているような培養土では，このような場合硝酸菌の生育の lag period が短くてすみ，直ちに亜硝酸菌の活性に追いついて行けるゆえ亜硝酸の著しい集積をみることがなく，また少量の集積は起つても3日目位で終つてしまうものである。そこで反対に硝酸菌の発育を阻害する物質を加えれば亜硝酸が集積することが期待される。ただしこの場合亜硝酸菌の方がむしろその作用をうけ易いというもの[13]もある位で，亜硝酸菌も影響をうけるとみられ，アルカリ加用のように両菌種ともに生育が促進される場合とは反対に集積量は少なくなるものである。ただハイドロキノンを炭酸石灰と併用した場合にその相乗作用によるようにはなはだしく亜硝酸の集積量を増大し，これは西潟らの調査した事実を裏付けるものであるといえる。しかしながらこの場合ハイドロキノンは間接的に土壌の酸化還元電位を低下させたためと考えるよりも，直接硝酸菌の発育を阻害して

亜硝酸菌との不均衡をつよめたためとみるべきものと思う。ClO'_3 の植生に対する害作用を亜硝酸の集積に結び付けて考えているもの[17]もあるが，今回の実験ではその集積量は少なく，その理由としては薄弱であるように見られる。その他の亜硝酸集積条件として低温における集積期間の延長が実際問題として注視されるが，これは低温のために亜硝酸の生成速度がおそく，*硝酸菌の基質が充分に供給されないために硝酸菌の増殖が進み得ないことも低温の直接的な影響と併せ考える必要があろう。これに関聯して CHAPMAN ら[5]は土壌が中性ないしアルカリ性で多量のアンモニアが施用せられた場合，数箇月もの間相当量の亜硝酸が保持されている例をあげており，更には BINGHAM ら[4]はアンモニアを含み，又アンモニアを生成するような肥料が条施され，あるいは部分的に多量に施与されたところには特に亜硝酸が集積するとしている。これは遊離アンモニアの増大とも関連して考えられようが，部分的に反応が高まつたためともみられ，このことは炭酸石灰の施用の際に土壌とよく混和する必要のあることとも関連して考えられよう。

北海道においては春季融雪をまつて低温の時にただちに農作業にかかるので，亜硝酸が集積するような条件が重なればアンモニア肥料の加用によつて土壌中にかなりの亜硝酸が相当長期間にわたつて停滞する場合も考えられるわけで，今後一層普及してくると考えられる尿素のような肥料，更にはアンモニア水などはその施肥法を考慮する必要があろうし，又酸性矯正の作業も上述の理由から播種までに或る程度の期間をとるようにする必要も出てくるかと思われる。このような意味においても苗代川上ばかりでなく耕地土壌の全体が培養肥沃化されて施用したアンモニアをよく置換性化し，かつ硝酸菌の保持量が常に多く硝化能のたかいようになることが望ましいものである。

摘　　要

水稲の温冷床苗代で頻発する“ムレ苗”の発生原因の一つとして土壌の亜硝酸集積による根の損傷が考えられているので，このような亜硝酸が集積する条件を検討するとともに，その集積機構を明らかにしようとして室内実験を行つた。その結果は次のように要約することが出来る。

1. 土壌に石灰，その他のアルカリを加えてpHを微アルカリ性にすると亜硝酸が著しく集積するが，低水分では1週目に最高の集積に達し，高水分ではこれよりおくれて，しかも減少がゆるやかである。これは土壌の酸化還元電位の推移と関連がみられる。

2. 同一条件で硝酸ソーダのような硝酸態窒素を加えても特に亜硝酸の集積量は増加しない。

3. 亜硝酸菌，硝酸菌ともに土壌のアルカリ性化によつて生育を促進されるが，その程度は亜硝酸菌が硝酸菌よりも著しい。炭酸石灰を加えた場合に更に硝酸ソーダを加えても硝酸還元菌の変動が少ない。

4. 硝酸菌の多い培養土では石灰を加えても亜硝酸の集積はきわめて少ない。

5. Hg, Cü, Zn̈, ClO'_3 グルコース及び還元剤などの硝酸菌の発育阻害物質を加えると亜硝酸が集積するが，その量は少ない。

6. 培養温度が低くなると亜硝酸の集積時期がおくれてくるが，石灰を加えなくても8°C位になると硝酸化成がほとんど進行せずに亜硝酸が漸次集積し，石灰を加えると集積量は5週目にも著しく増加の経過をとつている。

7. 炭酸石灰の施用量が少なくても，土壌との混和が不充分な場合は完全に混和した場合の数倍量の亜硝酸を集積した。

8. 特に燐酸を炭酸石灰と併用しても，硝酸化成が促進されて亜硝酸の集積量が減るようなことはない。

9. 液体培地で亜硝酸菌は pH 8.0 で活性が最も高かつたが，硝酸菌は pH 6～8 の間で大差なかつた。

10. 液体培地で培養液の深さを 11 mm から 70 mm まで変えて実験し，亜硝酸菌はその活性にほとんど差がなかつたが，硝酸菌は 36 mm になると活性が低下の傾向を示した。

11. 炭酸石灰の加用によつても遊離アンモニアが一時的ながら多くなり，硝酸菌による亜硝酸の酸化はこの遊離のアンモニアにより阻害されることもあり得る。

12. 要するに亜硝酸菌と硝酸菌との活性に不均衡を生ずるような土壌の処理によつて亜硝酸が集積するわけであるが，この場合アルカリ性化のように両菌種共生育が促進されるときは亜硝酸の集

積が著しく，阻害点になるように両菌種共に生育を抑制されるようになるときは集積量は必ずしも多くない。

本報告を草するに当り，終始教示をいただき，校閲された当場農芸化学部長西潟高一技官，並びに実験に助力された吉田加代子氏に深く感謝の意を表する。

なお本報告の要旨は昭和29年4月4日第25回日本土壌肥料学会講演会において発表したものである。

文　　献

(1) ALLEN, O. N. : Experiments in soil bacteriology, 2nd. Ed., Burgess Publishing Co., Minnesota (1953)

(2) AMER, M. F. & BARTHOLOMEW, W. V. : Soil Sci., 71, 251 (1951)

(3) 荒川左千代：土. 肥. 誌., 18, 125 (1944)

(4) BINGHAM, F., CHAPMAN, H. D. & PUGH, A. L. : Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 18, 305 (1954)

(5) CHAPMAN, H. D. & LIEBIG, G. F. : Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 16, 276 (1952)

(6) DUISBERG, D. C. & BUEHRER, T. F. : Soil Sci., 78, 37 (1954)

(7) FRAPS, G. S. & STERGES, A. J. : Soil Sci., 47, 115 (1939)

(8) FRY, B. A. & PEEL, J. L. : Autotrophic micro-organisms. Cambridg University Press (1954)

(9) JENSEN, H. L. : Proc. Linn. Soc., N. S. W., 64, 601 (1939)

(10) JENSEN, H. L. : Nature, 165, 974 (1950)

(11) KINGMA BOLTJES, T. Y. : Arch. Mikrobiol. 6, 79 (1935)

(12) LEES, H. & QUASTEL, J. H. : Biochem. J., 40, 824 (1946)

(13) MARTIN, W. P., BUEHRER, T. F. & CASTER, A. B. : Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 7, 223 (1942)

(14) 西潟高一・今野正二・長沼祐二郎：北海道農業試験場彙報, 66, 17 (1954)

(15) 西潟高一・今野正二：同上, 70, 77 (1956)

(16) QUASTEL. J. H. & SCHOLEFIELD, P. G. Nature, 164, 1068 (1949)

(17) RUSSELL, E. J. : Soil conditions & plant growth. 8th. Ed., Longmans Green and Co., London (1949)

(18) STEPHENSON, M. : Bacterial metabolism. 3rd Ed., Cambridge University Press (1949)

(19) WAKSMAN, S. A. : Principles of soil microbiology. Williams & Wilkins Co., Baltimore (1932)

(20) 渡辺敏夫・国分欣一・渋谷政夫：関東東山農業試験場研究報告, 2, 20 (1952)

Résumé

The physiological damage to the roots of rice seedlings due to nitrite is considered to be one of the cause of "Murenae" outbreak, which occurs often in the seed bed. So, the author has investigated to clarify the conditions and mechanisms which have effect on the accumulation of nitrite in the soil.

The results obtained are as follows :

1) When soil shows slightly alkaline reaction by treatment of lime or soda, and is incubated at 23°C applying ammonium sulphate, nitrite accumulates in a week under upland conditions of moisture content. However, it shows a maximum level one or two weeks later in the conditions of high moisture content, where the Redoxpotential transition has a trend to be favorable to maintain nitrite.

2) When NO_3-N such as sodium nitrate is added under the same conditions, there cannot be seen very much accumulation of nitrite.

3) The growth of nitrifying species is promoted when the soil reaction declines to alkaline side, but, in this case, the activity of nitrite producer is more accelarated than that of nitrite oxidizer. However, there cannot be seen any distinct change in the number of nitrate reducers in limed soil even though heavy fertilization is made with sodium nitrate.

4) In fertile and Nitrobacter rich soil, nitrite formation takes place at early stage of incubation, but the amount is not very great.

5) By addition of inhibitory substances such as heavy metals, chlorates, glucose, and reducing reagents, there can be seen some accumulation of nitrite, but the amount is

not very great.

6) When temperature is not high enough for nitrite oxidation activity, especially under limed conditions, the accumulation of nitrite gradually increases and at last it accumulates to a large amount.

7) When lime is mixed imperfectly in the soil, even if the quantity is small, the amount of accumulated nitrite shows several times as much as that when the lime is mixed thoroughly.

8) Even though phosphate is added in the soil which is treated with $CaCO_3$, the nitrification is not promoted and no decrease of nitrite accumulation can be seen.

9) In liquid culture, the growth of *Nitrosomonas* spp. is accelarated most at pH 8.0, and, at pH 6～8, there is no difference in the growth of *Nitrobacter* spp.

10) There can be seen no difference in the activity of *Nitrosomonas* spp. when cultured at varying depths (from 11 to 70 mm) of liquid media, whereas the activity of *Nitrobacter* spp. declines distinctly at 36 mm in depth.

11) By application of $CaCO_3$ the free ammonium in the soil is increased temporalily, and it is suggested that the oxidation by *Nitrobacter* is checked partially by inhibitive action of this free ammonium.

12) From these results, it is clarified that under upland conditions, nitrite accumulation is influenced by the soil treatment, also that the oxidation process of *Nitrosomonas* and *Nitrobacter* may proceed in different manners; when the growth of the two species is accelarated by application of lime, nitrite accumulation is very distinct ; contrariwise, when the growth of the two species is checked by addition of inhibitory substances, the accumulation is not so much as before.

疫病菌の侵入に対する馬鈴薯の抵抗反応に関する生理学的研究

I. 生理学的反応の時間的経過およびその品種間差異

冨山宏平[*]　高瀬　昇[*]
酒井隆太郎[**]　高桑　亮[*]

PHYSIOLOGICAL STUDIES ON THE DEFENCE REACTION OF POTATO PLANT TO THE INFECTION OF *PHYTOPHTHORA INFESTANS*

I CHANGES IN THE PHYSIOLOGY OF POTATO TUBER INDUCED BY THE INFECTION OF *P. INFESTANS* AND THEIR VARIETAL DIFFERENCES.

By Kohei TOMIYAMA, Noboru TAKASE, Ryutaro SAKAI and Makoto TAKAKUWA

緒　　言

作物の病菌に対する抵抗性は静的なものではなく，菌の侵害によつて誘起せられる動的な反応と考えなければならない（GAUMANN, 1950；栃内, 1951, etc.)。このことは馬鈴薯の疫病抵抗性でも同様である（MÜLLER, 1941, 1950；MÜLLER & BEHR, 1949；冨山, 1955)。つて疫病抵抗性に対する外部環境の影響を調べ，あるいは合理的な抵抗性品種検定法を考える場合に常にこの抵抗反応を無視することは許されない。本研究はこの観点に立つてなされた。この問題を研究するに当つて先ず第1段階として塊茎切断部に疫病菌を接種した場合に塊茎に起る生理的変化の深度と時間的経過を調査した。そしてこの生理的変化を広汎に把握するために生理的変化の指標として窒素代謝，炭素代謝，Polyphenol の変化，呼吸の変化を選んだ。いうまでもなくこの実験には大きな難点を含む。それは疫病菌自体の成分と寄主の成分を区別し得ない点である。然し抵抗性という現象が本来生体と生体の交互作用であつて，そのいずれか一方を変化せしめ，あるいは固定化する場合忽ちその本来の姿を失うことを想起（冨山, 1955）すれば，その研究の出発点として，その相互作用の場に於て生理的変化を把握することは，その難点にもかかわらず重要であろう。SEMPIO (1950) は小麦の白渋病などで病患部は新しい一つの生物と見做すべきであるとして，その host-parasite complex の生理学的研究を行つている。

病患部と健全部の生理を比較したものとしては従来も多くの研究がある（GÄUMANN, 1950；ALLEN, 1953)。日本では甘藷に於て瓜谷 (1951), 鈴木 (1955) などの研究がある。馬鈴薯疫病では LEPIK (1929, 39) の病薯と健全薯に関する分析結果がある。GRETSCHUSHNIKOFF (1938, 39) は Sistoamylase 及び Peroxidase の変動と抵抗性に相関のあることを示した。HAGENGUTH und GRIESINGER (1941) は罹病性品種に *Phytophthora infestans* が侵入している場合，水溶性非蛋白－Nが減少するが，抵抗性品種ではそのようなことが見られないことから，病原菌が水溶性非蛋白－Nを利用するのであろうとした。GRIESINGER (1941) は非水溶性 N 成分と抵抗性との間に相関は見られないとした。RUBIN, ARTSIKOVSKHOVSKYA and PROSKURNIKOVA (1947) は抵抗性馬鈴薯品種には polyphenol 成分多く，peroxidase 及び polyphenoloxidase の活性高く，それらが抵抗性に於て一役を演ずることを述べた。

* 病理昆虫部病害第2研究室
** 同　病害第1研究室

TOMBESI (1950) は青かび侵害に対する馬鈴薯の反応として呼吸の増大と oxidase の活性をあげた。JOHNSON & SCHAAL (1952) は Scab に対する塊茎の抵抗性に chlorogenic acid が密接な関係をもつことを明かにした。また馬鈴薯の wound healing に対しては ARTSCHWAGER (1927), PEACKOCK (1931), HILL (1939) などの研究がある。

1. 実験材料および方法

i) 一般的方法 馬鈴薯塊茎を切半しその切断面に疫病菌の濃厚游走子液を接種し19～20°C に保ち一定時間毎に，その接種面およびそれに続く内部組織の代謝を測定した。この場合表層接種部から内部組織に至る生理変化の推移を調べるために組織を各層位に分けて分析した。この各層位の測定のために，塊茎の切断面から直径2.2 cm のコルクボーラーで組織を抜きとり，ミクロトームで0.45mmの厚さに次々に切断して各層位の slice をつくつた。この各 slice に就いて代謝を測定した。

接種用胞子液は，馬鈴薯塊茎上で培養した普通系統の *P. infestans* (H_1) で，懸濁液を約 12°C で游走子発芽を行わしめて後スプレーした。游走子の濃度はおおむね slice の細胞数30に対して2～10箇の割と推定された。このようにして接種した結果，馬鈴薯組織に起つた変化および菌の状態を第1表に示した。

第1表 肉眼および顕微鏡による発病経過ならびに組織内菌糸の状態

Table 1 Process of reaction of three varieties to the infection by *P. infestans* and mycelial growth in the tissue.

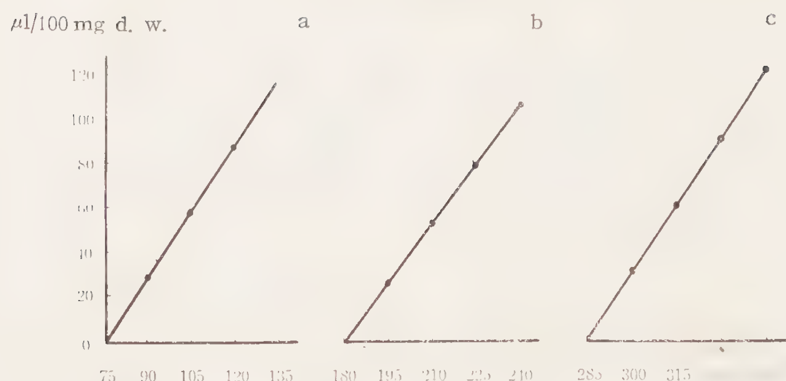
品種名 / 接種後日数	馬鈴薯農林1号	ケネベツク	41089-8
1 日 目	変化を認めえない 菌糸は表層に認めるのみ	変化を認めえない 菌糸を認めえない	軽く褐変を示す 菌糸を認めえない
2 日 目	大きな褐点を散見す 菌糸は 0.5～0.75mm の深さに侵入（主として細胞間隙）	小褐点散在す 菌糸の侵入を認めえない	小褐点散在す 菌糸の侵入を認めえない
3 日 目	菌糸の先端は第6層に及んでいる。併し菌糸の割合は少なく，第2層で2細胞に1，第4層で10細胞に1である。	第1層に若干の菌糸の走行を認めた，細胞の着色は第2層にまで及んでいる。	第1層のみ着色，時に第2層に及ぶ変色をみたが，局部的である。
4 日 目	菌糸は細胞間隙を密に走つてその先端は9mmに及んでいる。既に第1層には胞子形成が行われている。	細胞膜及び内容の着色は，時には深くまである場合もあるが大体第2層程度，菌糸も同程度の深さまで侵入している。	大凡2層までの着色，3層以下は一部分に細胞の着色を認めている。

供試した品種は罹病性品種として「男爵薯」および「馬鈴薯農林1号」抵抗性品種として「41089—8」「4702—7」および「ケネベツク」である。このうち「ケネベツク」は「41089—8」「4702—7」に較べ若干その抵抗性が弱い傾向がある。

実験を行つた期日はそれぞれ次のようである。

「41089—8」 第1回 1953年11月4～11日
第2回 1954年10月18～23日
第3回 1954年11月30日～12月2日
「ケネベツク」 第1回（接種）1953年10月12～15日
第2回（切断，無接種）1953年10月27～30日
第3回（接種）1953年11月17～20日
第4回（切断，無接種）11月21～24日
第5回 1954年5月25日～27日
「4702—7」 1954年6月10日～12日
「馬鈴薯農林1号」 第1回（接種）1954年1月25～30日
第2回（切断無接種）1954年2月2～8日
第3回（接種）1954年2月9～13日
第4回 1954年5月25～27日
「男爵薯」 1954年6月10～12日

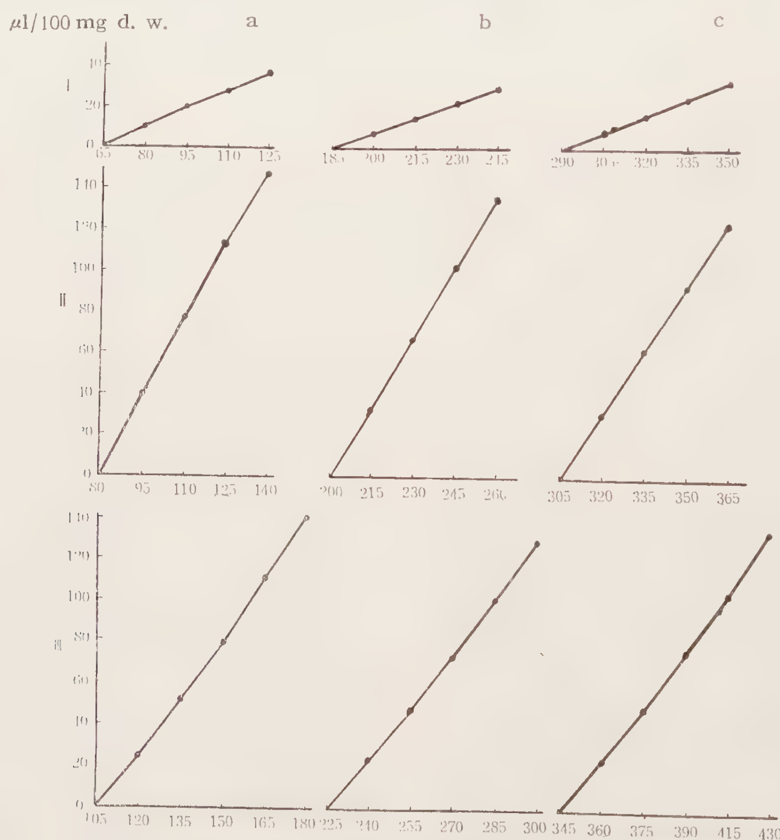
ii) 呼吸測定法 前述の slice を切断後直ちに流水中で約2～4時間水洗した。これを WARBURG 検圧計容器に入れ Direct method (UMBREIT, BURRIS, STAUFFER, 1949) で O_2 吸収，CO_2 排出量を測定した。この場合本実験では多数の層の標品を測定しなければならないので同時にh(—KOH)



第1図　馬鈴薯塊茎切片の酸素吸収量に対する流水洗滌の影響　(Ⅰ)

Fig. 1　Influence of washing sliced tuber in the flowing water on the O_2 uptake of it.—1　Kennebec.

註：「ケネベック」塊茎切断面に疫病菌を接種し，69時間後に接種面より 0.45 mm の深さより 0.9 mm の深さに及ぶ組織を slice として切り出して，流水にて洗滌し，酸素吸収量の時間的推移をみた。a，b，c はそれぞれ1時間，2時間30分，および4時間30分後に流水より取り出して行つた測定を示す。なお時間は切断洗滌開始時からの時間。



第2図　馬鈴薯塊茎切片の酸素吸収量に対する流水洗滌の影響　(Ⅱ)

Fig. 2　Influence of washing silced tuber in the flowing water on the O_2 uptake of it.—2

註：接種後1日(Ⅰ)，2日(Ⅱ)，5日(Ⅲ)後，「馬鈴薯農林1号」塊茎切断面より 0.45〜0.9 mm の層切片(切断後流水にて洗滌)の酸素吸収量の時間的推移。a，b，c は各々約1時間，2時間半，4時間半後に流水から取り出した各測定を示す，なお時間は，切断洗滌開始時からの時間。

h (+KOH), を測定しようとすれば，その供試層を減らさざるを得ない。そこで先ず h (+KOH) と h (−KOH) を同時に測定しないことによつて著しい誤差が生ずるかどうかに就いて予備実験を行つた。即ち第1回目に O_2 の吸収を測定している間第2回の測定試料を流水中で水洗してこの間に O_2 吸収量に著しい変化がなければ，2回に分けて O_2 吸収および CO_2 排出を測定しても重大な支障は来たさないであろう。これを確めるために罹病性品種「馬鈴薯農林1号」および抵抗性品種「ケネベツク」の塊茎の切断部に *P. infestans* を接種して，一定時間後に slice として流水 (11〜12°C) 中で水洗し1時間45分ないし2時間毎にその1部をとり出して WARBURG 装置で O_2 吸収を調べた。その呼吸の状況を第1, 2図に示した。この結果によれば「馬鈴薯農林1号」5日目を除いては振盪中に O_2 吸収量の増加は殆ど認められず，従つて第1, 2, 3回目の測定で著しい差を認めない。ただ「馬鈴薯農林1号」の接種後48時間区で流水中で長時間洗滌するとその O_2 吸収が若干低下する傾向が見えた。興味のあるのは「馬鈴薯農林1号」塊茎に接種してから5日目の slice の場合で WARBURG による振盪中に O_2 吸収量が次第に増加して上向曲線になる傾向が認められるが，流水中で洗滌しているものはその同じ時間中に特別の増加は認められない。これは水洗温度が低いためと思われる。これらの結果から11〜12°C の流水で洗滌しつつ，その中から試料をとつて，2回にわたつて h (+KOH), h (−KOH) を測定すれば，著しい誤差は生じないと結論された。従つて本実験に於てはこの方法を用いた。

洗滌終了後，半切 slice 10枚を phosphate buffer (pH, 5.3) に浮かべて WARBURG 装置で振盪した。液槽温度 24°C, 測定終了後乾重を測定して 100 mg 乾重当りの吸収量を求めた。

iii) N成分定量法　前述の slice を秤量後，少量の硝子粉末を加え乳鉢中で磨砕して蒸溜水を加え30分抽出のため静置する。濾過後濾液に燐酸を1滴加えて90°C に3分間加温，冷却後遠心分離し，沈澱物を水溶性蛋白—N分割とし，上澄は硝酸還元後水溶性非蛋白—N分割とした。また最初の濾過残渣は濾紙ごと分解して非水溶性N分割とした。これら各分割を硫酸分解後ミクロケルダール法で定量した。得られた結果は生重1g 中の含有窒素の mg で表わした。

なお水溶性蛋白の分割が磨砕時に植物体に含まれる polyphenol と反応してその定量結果に誤差を生ずる恐れがある。特に本研究の計画のもとではこの点に対して充分の考慮が必要なので，本実験で遭遇する polyphenol の含量を基準として Tannin の諸濃度を馬鈴薯塊茎磨砕液に加えて水溶性蛋白の含量を測定し，その影響を検した。その結果第2表に示されるようにこの濃度のもとでは何ら著しい影響は与えないと結論された。

第2表　水溶性蛋白定量結果に与えるタンニンの影響

Table 2　Influence of tannin content upon the determination of water soluble protein.

添加せる Tannin の量（全量に対する%）	水溶性蛋白含量 Nmg/g.F.W.
0.0	0.25
0.2	0.23
0.3	0.24
0.4	0.25

註：品種「ケネベツク」

iv) 炭水化物定量法　試料を磨砕し濾過水洗後，残渣をヂアスターゼで糖化し，更に25% HCl で2時間加水分解後一定量にして micro-BERTRAND 法によつて行つた。これを澱粉とし，濾液は HCl で加水分解後 micro-BERTRAND 法で定量した。これらの結果は生重量1g に含まれる mg で示した。

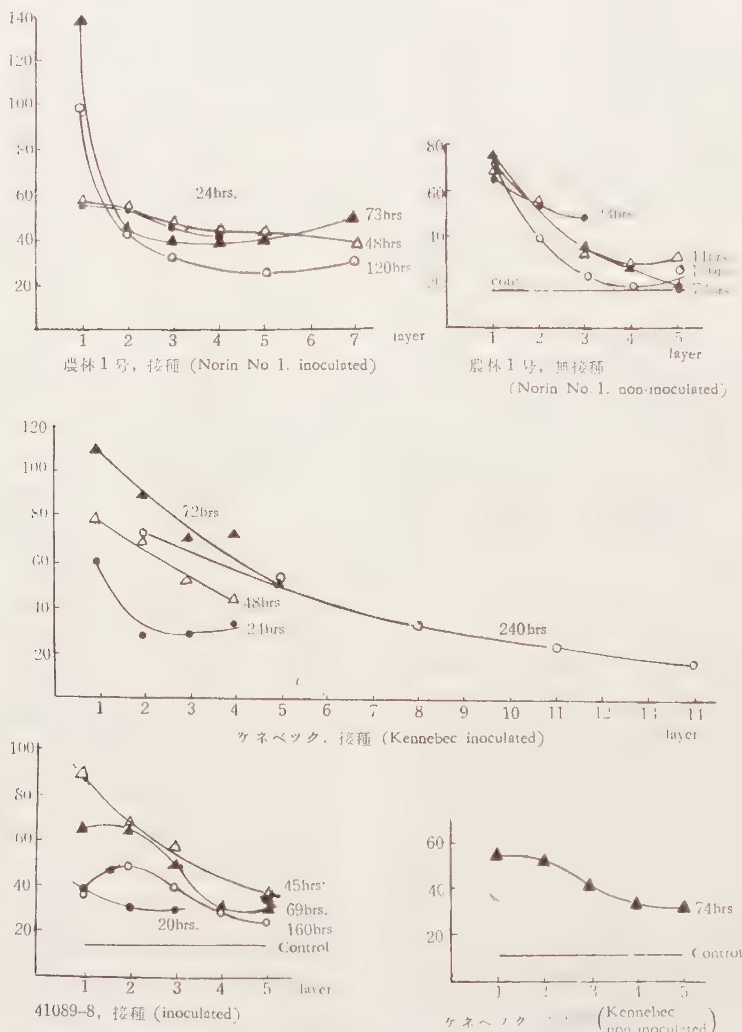
v) polyphenol 化合物の定量法　試料を秤量(約1g 内外)し，直ちに90°C のオーブン中で1時間加熱，放冷した後常法により試料を乳鉢で磨砕，熱50%メチルアルコールで約1時間抽出濾過し，更に，残渣を少量のメチルアルコールで数回洗滌，濾液および洗液を合して遠沈管にとり10%醋酸鉛を約1cc 加えて充分振盪し phenol 成分を遠心分離沈澱せしめた後上澄を捨て沈澱を1N 硫酸1cc を加えて分解して硫酸鉛を遠沈せしめ，上澄を pH 5.0 として，FOLIN-DENIS 液1cc および飽和炭酸ソーダ液2.5cc を加えて全量を50cc として発色1時間後に光電比色計（赤フィルター）で透過率を測定しタンニン酸検量曲線によつてタンニン酸換算 mg/生重1g を得た。尚「41039-8」の第2回目の実験では光電分光光度計を用い

420 $m\mu$ における透過率を測定しカテコールの検量曲線によつてカテコール換算 mg/生重 1g を測定した。

2. 実　験　結　果

A. 菌接種面に起る生理的變化の時間經過とその深度

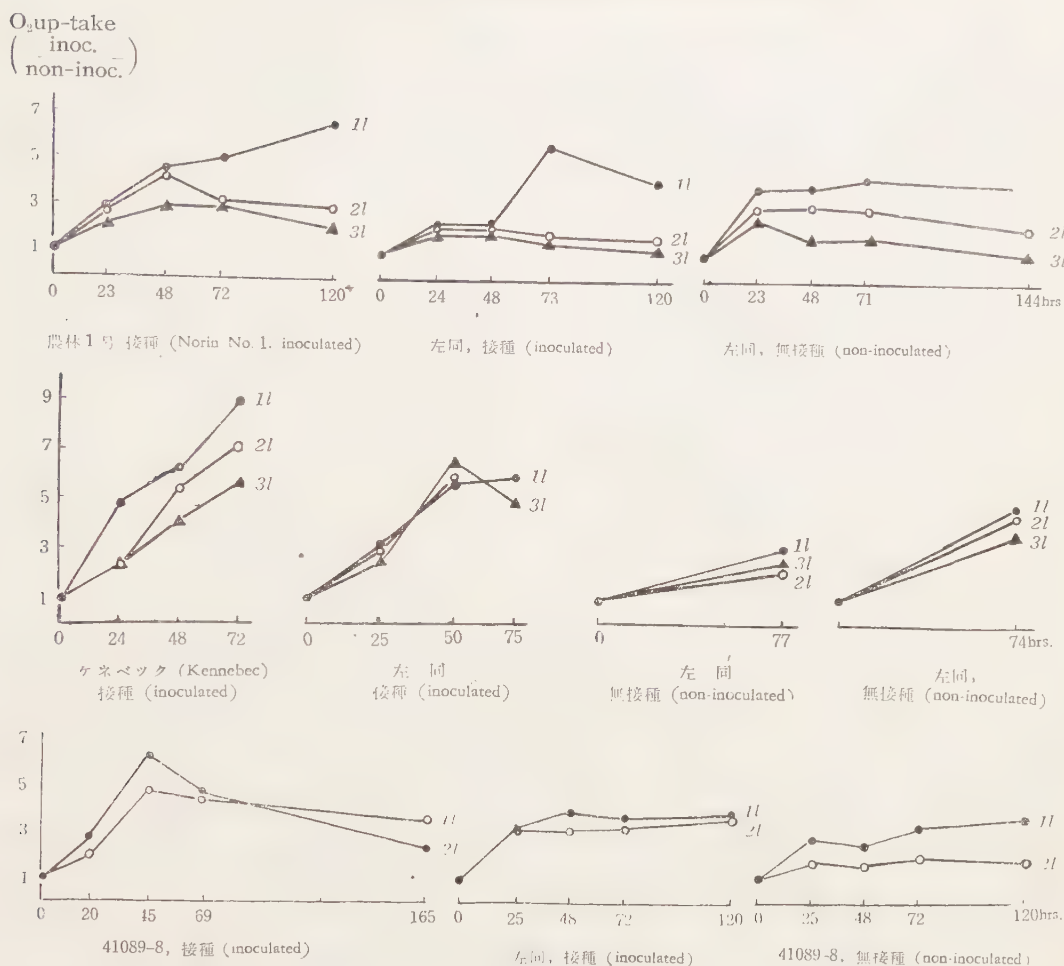
i) 呼吸　抵抗性品種「41089—8」，抵抗性品種「ケネベツク」(前品種に較べ抵抗性やや劣る)，および罹病性品種「馬鈴薯農林1号」の塊茎切断による切断部の O_2 吸収の変化およびその切断面に疫病菌を接種した場合の O_2 吸収変化の時間的経過ならびに，切断面あるいは接種面よりの深度と O_2 吸収変化の関係を調べた結果を第3図に示した。これらは各々2回反覆してほぼ同様の結果を得た。これらのうち第1，2，3層の変化を横軸に時間をとつて図示したものが第4図である。切断面に菌を接種したときの呼吸変化の時間経過を



第3図　馬鈴薯疫病菌接種および無接種塊茎の酸素吸収量の時間的変化

Fig. 3　Hourly changes in O_2 uptake of different layers of tuber.

見るに「41089—8」では約40時間で最高に達し，70時間で既に呼吸はやや低下を見た。「ケネベツク」では70時間で最高に達した場合と50時間で最高で75時間目には既に低下し始めている場合があつた。「馬鈴薯農林1号」では第1層を除いては大体50時間で最高に達し70時間ではおおむね同程度か，あるいは既に低下し始めるようである。この呼吸増加が何時間で通常の状態に戻るか



第4図　馬鈴薯疫病菌接種および無接種塊茎の酸素吸収量の時間的変化　(標準比)

Fig. 4　Hourly changes in O_2 uptake of inoculated and non-inoculated tubers.

註：縦軸の数字は切断疫病菌接種区の値を切断無接種区の値で除した数値である。

については本実験の範囲では明かにできなかつた。即ち「41039—8」では約7日後でも，また「ケネベツク」では10日後でも，「馬鈴薯農林1号」では6日後に於てもなお正常なものに較べて高い呼吸を示した。これらの呼吸上昇の時間経過は層位を異にするに従つて多少異つて来る。第4図は切断処理を行つていない正常塊茎から切りとつた slice の呼吸に対する各処理区の呼吸の比率を比較したものである。この図から抵抗性品種「41089—8」および「ケネベツク」では切断区より，切断後疫病接種区の方が明かに呼吸が高く，また罹病性品種「馬鈴薯農林1号」では第2および第3層では切断区と切断後疫病接種区の間に著しい差を認めない。実験法の項で述べたように「馬鈴薯農林1号」のこれらの層には2日目以後には菌が蔓延しているように考えられる。「馬鈴薯農林1号」の第1層で後期に呼吸が増加するが，5日目にはこの表層に菌叢が密生したので，その故かと思われる。以上の事実は明かに抵抗性品種では疫病菌の組織内侵入によつて呼吸が増加し，罹病性品種では著しい増加を見ないことを物語つている。

次にこのような呼吸変化が切断面あるいは接種面よりどの程度の深さに及ぶかを見るに，その最も著しい増加は抵抗性，罹病性品種を通じて約1～1.5 mm（細胞層にして約10～15細胞層）でその後奥に進むにつれて漸次正常に戻るが，その限界を決め得なかつた。ただ「ケネベツク」の場合に，接種後10日で接種面より5.5 mm 奥でなお正常より高く，7 mm で殆ど平常と変らないこと

が認められた。

罹病性品種「馬鈴薯農林1号」の菌糸の蔓延している内層の O_2 吸収が切断無接種の O_2 吸収と殆ど差を認めない事実は重要な意味をもつようである。即ち「馬鈴薯農林1号」の塊茎では，菌侵入によつて著しく O_2 吸収が低下するか，あるいは疫病菌が馬鈴薯塊茎内で無気的分解呼吸をしているかの何れかを示すものであろう。第5表に示した R. Q. の値を見るに「馬鈴薯農林1号」では切断区に較べ切断後疫病菌接種区で CO_2 の排出が多いことから見れば，後者では馬鈴薯塊茎内部で疫病菌が無気的呼吸をしている可能性もあり得る。何れにせよ疫病菌が塊茎表面と内部組織内で異つた呼吸形成をとることは充分にあり得ることである。酒井 (1954) は培養基質が異るに従つて *P. infestans* が異つた呼吸形式をとることを示した。然し上にのべた現象は少なくも「馬鈴薯農林1号」の塊茎組織では，疫病菌侵入による O_2 吸収の著しい増加は見られないことを示している。

上に述べたのはすべて O_2 吸収の場合であるが，CO_2 排出でもほぼ同様の傾向が見られる。即ち第3〜5表に示した各実験の R. Q. は著しい後期を除いてはほぼ 1.0 に近いからである。これらの R. Q. 値を見ると特に「41089-8」および「ケネベツク」では切断無接種の場合も切断後疫病菌接種の場合も，CO_2 の排出に較べて O_2 吸収が増加する傾向が見られる。特に接種区で後に低下する傾向がある。一般に R. Q. が1より低下する理由の一つとして呼吸の中間産物の蓄積がある。従つてこの場合に polyphenol の蓄積も関与して

第3表　「41089—8」における切断無接種，切断疫病菌接種区の R. Q.

Table 3　R.Q. value in 'cut and non-inoculated' and 'cut and inoculated' tubers of 41089-8.

接種（第1回実験）					接種（第2回実験）			無接種（第2回実験）	
接種後時間	第1層	第2層	第3層	第4層	接種後時間	第1層	第2層	第1層	第2層
20	0.98	1.04	1.02	-	25	0.93	0.77	0.88	0.80
45	0.98	0.97	0.88	-	48	-	-	-	-
69	1.02	0.97	0.97	0.98	72	-	-	-	-
165	1.05	0.83	0.86	0.86	120	-	-	-	-

標準無処理の R. Q.＝1.20

第4表　「ケネベツク」における切断無接種，切断疫病菌接種区の R. Q.

Table 4　R. Q. value in 'cut and non-inoculated' and 'cut and inoculated' tubers of Kennebec.

接種（第1回実験）					接種（第2回実験）					無接種（第3回実験）				
接種後時間	第1層	第2層	第3層	第4層	接種後時間	第1層	第2層	第3層	第1層	切断後時間	第1層	第2層	第3層	第4層
24	0.69	1.11	0.91	1.09	25	1.20	1.06	1.01	1.17	-	-	-	-	-
48	1.02	1.01	0.94	1.04	50	-	1.09	0.98	1.15	-	-	-	-	-
72	1.01	1.01	0.91	1.01	75	0.96	-	1.00	-	74	1.02	1.00	0.99	1.05
240	(1.2.3層) 0.64	(4.5.6層) 0.84	(7.8.9層) 0.88	(10.11.12層) 1.07	194	-	0.97	0.93	-	-	-	-	-	-

標準無処理の R. Q.＝1.28

第5表　「馬鈴薯農林1号」における切断無接種，切断疫病菌接種区の R. Q.

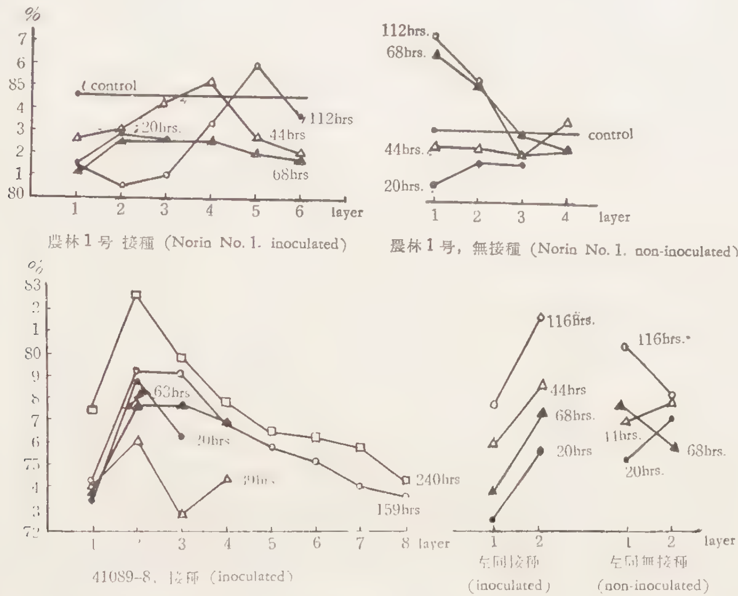
Table 5　R. Q. value in 'cut and non-inoculated' and 'cut and inoculated' tubers of Norin No. 1.

接種（第1回実験）					接種（第3回実験）					無接種（第2回実験）				
接種後時間	第1層	第2層	第3層	第4層	接種後時間	第1層	第2層	第3層	第4層	切断後時間	第1層	第2層	第3層	第4層
23	0.91	0.98	1.05	1.02	24	0.97	1.16	1.17	1.08	23	0.97	1.00	1.01	-
48	0.99	0.98	1.00	1.02	48	0.86	1.16	1.12	-	47	0.88	0.98	0.96	0.95
72	1.07	1.07	1.06	-	73	1.02	1.02	0.96	-	71	1.09	0.83	0.91	0.92
120	1.07	1.00	0.88	-	120	0.97	1.02	0.94	-	144	0.85	0.87	0.91	0.81

標準無接種の R. Q.＝1.02

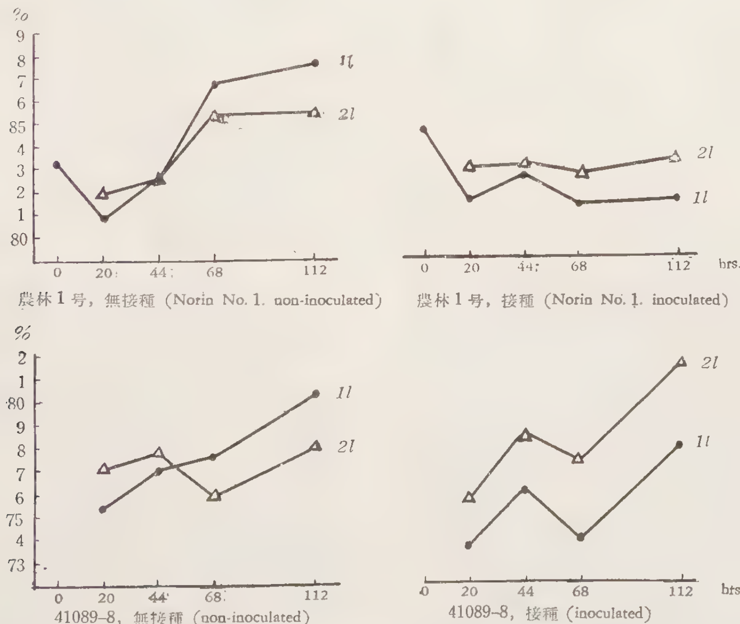
いることが考えられる。これらのR.Q.値の変化に就いてはなお検討する必要がある。最近鈴木(1955)は甘藷に於ける病変組織のR.Q.の低下の原因としてクロロゲン酸と苦味質の共存によるCO_2排出の低下が関与しているかも知れないと推定した。

ii) 水分含量　水分含量の変動を測定した結果を第5図および第6図に示した。この両図から，



第5図　馬鈴薯疫病菌接種および無接種塊茎の含水量（生重%）の時間的変化　（I）

Fig. 5 Changes in water content (per cent of fresh weight) of 'cut and non-inoculated' and 'cut and inoculated' tubers (I)



第6図　馬鈴薯疫病菌接種および無接種塊茎の含水量（生重%）の時間的変化　（II）

Fig. 6 Changes in water content (per cent of fresh weight) of 'cut and non-inoculated' and 'cut and inoculated' tubers. (II)

抵抗性品種では，菌侵入の初期から末期に至るまで第2層で含水量が多く，且つその含水量が漸次増加して行く傾向が見える。これに反して罹病性品種ではこのような顕著な傾向は認められず，疫病菌無接種の場合に較べ末期に至るまでその含水量は少ない。侵入後約20時間程度の初期に於ける含水量の変化を見ると，抵抗性品種では疫病菌侵入の場合にかえつて無接種より含水量が減少し，罹病性品種では，その逆でかえつて無接種のものより増加しているように見える。この点を確かめるために各実験の数値を一括して第6表に示した。この表では例外もあるがやはりそのような傾向を否定し得ないように見える。このような現象が起る理由として2つの場合が考えられよう。1つは接種面に於ける失水による場合であり，他の場合は非滲透圧作用物質（高分子化合物あるいは褐変物質)の増加による場合である。この点を確かめるために，塊茎切断面に疫病菌を接種したものとしないものを各々内部を湿濾紙で完全に覆つたシャーレと，湿濾紙で覆わないシャーレに入れて，20時間後の含水量の変動を見た。その結果を第7表に示した。「ケネベツク」の場合はやや疫病菌接種により含水量が増加し，また4702―7では殆ど差を見なかつた。前者はやや抵抗性弱く20時間後にはやや罹病性の型を示す場合があることが知られているのでそのための水分増加とも考えられる。いずれにしても湿濾紙で完全に湿度を飽和させても，全く含水量に対する影響を見ない点からすればこの接種20時間後の含水量の変動は失水の差によるものではなく，内部成分の変動にもとづくものと考えられる。しかしその含水量変化は微々たるものである。疫病菌の侵害を受けた抵抗性品種で末期に，含水量の増加が見られるのは，タンニン細胞の形成（DUFRENOI, 1936; MEYER, 1940）などを含む，特殊な抵抗組織の形成などが関与している可能性がある。罹病性組織に於ける後期の疫病罹病組織の含水量の減少は，疫病菌の存在（可溶成分を菌体にすることによる）によるかも知れない。

第6表 抵抗性および罹病性馬鈴薯品種塊茎切断面ならびに疫病菌接種面における含水量の変化

Table 6 Variation in water content of 'cut and non-inoculated' and 'cut and inoculated' tubers of resistant and susceptible potato varieties.

項目	切断無接種/標準無処理		切断接種/切断無接種	
品種 \ 層位	1	2	1	2
馬鈴薯農林1号（S）	0.97	0.98	1.01	1.01
〃（S）	1.09	1.12	1.02	1.01
〃（S）	0.93	0.95	0.98	1.00
男爵薯（S）	0.96	–	1.01	–
〃（S）	0.98	–	1.01	–
4702―7（R）	0.95	–	1.00	–
〃（R）	0.97	–	0.99	–
41089―8（R）	1.00	1.02	0.98	0.97

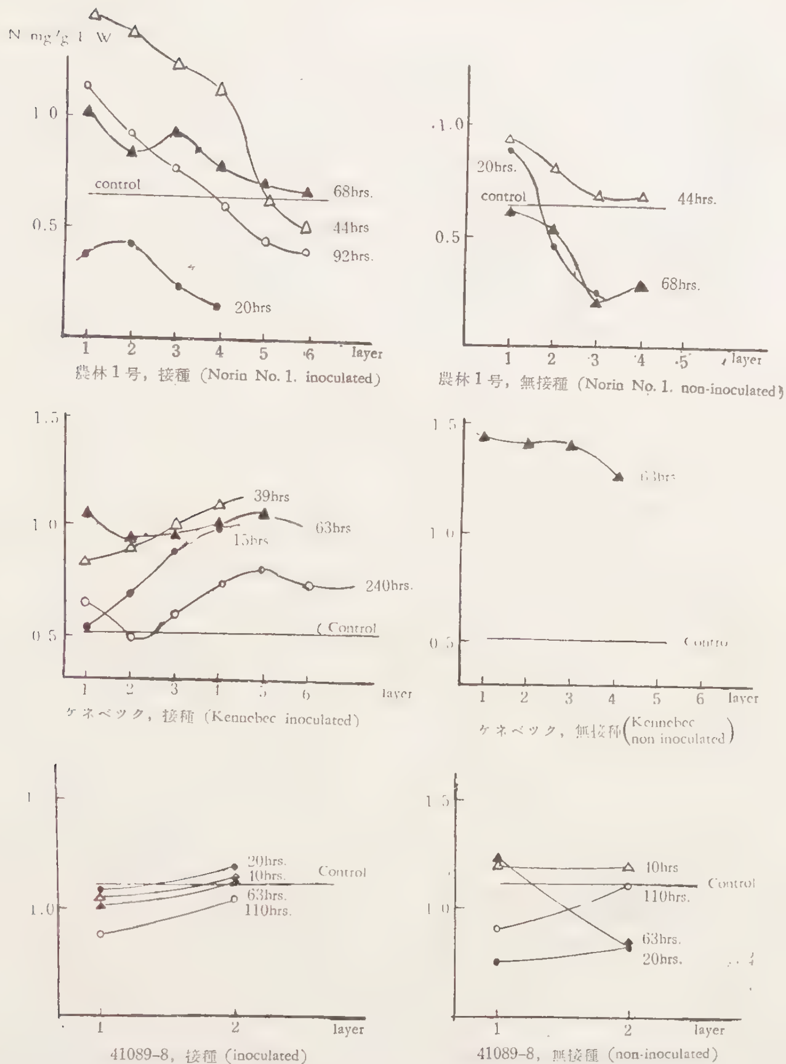
第7表 貯蔵シャーレを湿濾紙で完全に覆つた場合と覆わない場合における馬鈴薯塊茎切断面および疫病菌接種面の含水量変動の比較

Table 7 Variation in water content of 'cut and non-inoculated' and 'cut and inoculated' tubers with different ways of keeping moisture.

貯蔵シャーレに対する処置	湿濾紙により被覆		無被覆		標準無処理
塊茎に対する処置	切断無接種	切断H_1接種	切断無接種	切断H_1接種	(無切断区)
(品種)	77.1	79.2	77.2	78.9	78.4
ケネベック	78.5	78.6	78.2	82.1	77.5
	78.4	79.9	77.3	77.5	77.4
(平均)	78.0	79.2	77.6	79.5	77.8
4702―7	72.9	71.7	71.8	74.2	77.7
	75.4	73.1	74.5	70.8	77.6
	72.3	74.9	73.3	72.0	77.7
(平均)	73.5	73.2	73.2	72.3	77.7

iii) 蛋白代謝

（a） 水溶性蛋白―N 生体重に対する水溶性蛋白含量を第7図に示した。これらの図から明瞭になることは「41089―8」および「ケネベツク」で初期15～20時間に接種区で切断区あるいは標準無処理区より水溶性蛋白が多く，その後時間の経過につれて若干増加し，やがて減少してゆく傾向である。この後期の減少は褐変組織の増加による非水溶性蛋白の増加もその1因となるように思われる。これに反して「馬鈴薯農林1号」では初期に於ては寧ろ切断無接種あるいは標準無処理区より接種区の方がかえつて水溶性蛋白の含量が少ない傾向が見られた。この場合もその後蛋白含量



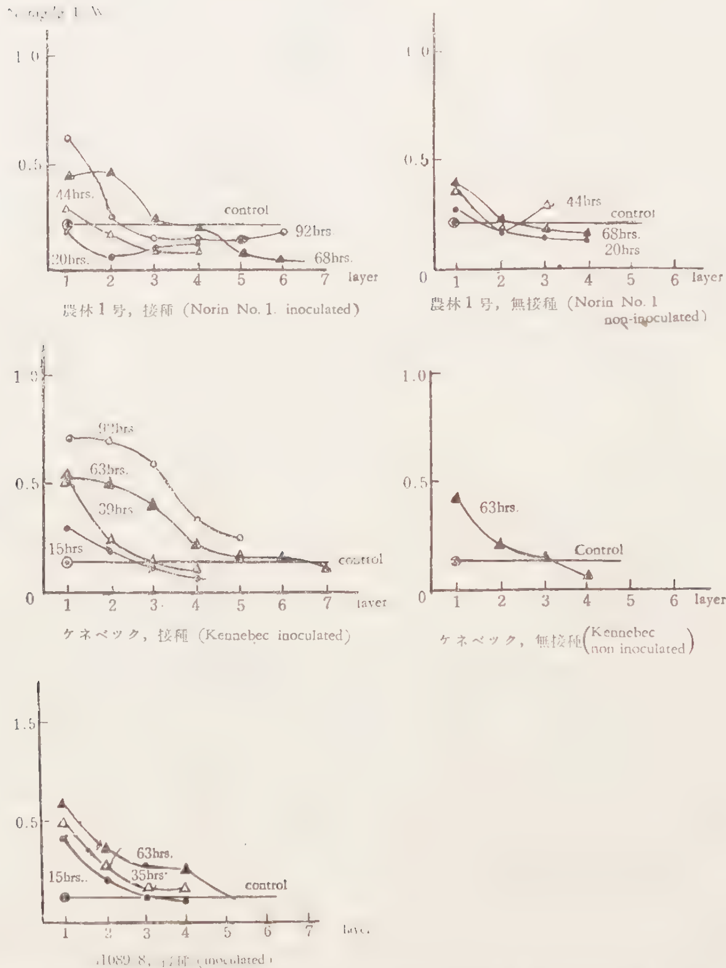
第7図　馬鈴薯疫病菌接種および無接種塊茎の水溶性蛋白態窒素成分含量（生重1g当り Nmg）の変化

Fig. 7　Variation in the amount of water-soluble nitrogen in 'cut and non-incoulated' and 'cut and inoculated' tubers.

は増加しやがて減少するに到る。これは菌体の蛋白の増加寄主体成分の減少などが打消し合つて起す現象であろう。

切断面あるいは接種面より深部にかけての変化を見るに，抵抗性品種では内層になるにつれて水溶性蛋白が多く，「馬鈴薯農林1号」では反対に表層でかえつて多い傾向がある。この現象も抵抗性品種に於ける褐変現象のため，生細胞の死細胞に対する割合（生体重中の割合）が減少するためと思われる。

（**b**）**非水溶性N成分**　各品種を通じて切断あるいは接種によつてその切断面に近い層で特に非水溶性N成分の増加が見られるが，一般に接種区は切断区に較べて著しく，また抵抗性品種は罹病性品種に較べて著しい。特に初期に於ける増加を比較するとこの傾向は顕著である。これらの非水溶性N成分の増加は褐変の程度と良く相関するように見える。たとえば「41089―8」と「ケネベック」を比較するに後者は抵抗性がやや弱く，ために褐変が奥の層に進む傾向があり，「41089―8」では抵抗性が著しく強く褐変が表層にとどまる傾向がある。第8図は良くこの傾向を反映している。このような褐変との相関は，褐変の主要な原因が polyphenol 成分とN成分の結合沈着にもと



第 8 図　馬鈴薯疫病菌接種および無接種塊茎の非水溶性窒素成分含量の時間的推移（Nmg./1g. F. W.）

Fig. 8　Variation in the amoumt of non-soluble nitrogen in 'cut and non-inoculated' and 'cut and inoculated' tubers.

づくと云う説によつて良く説明される。

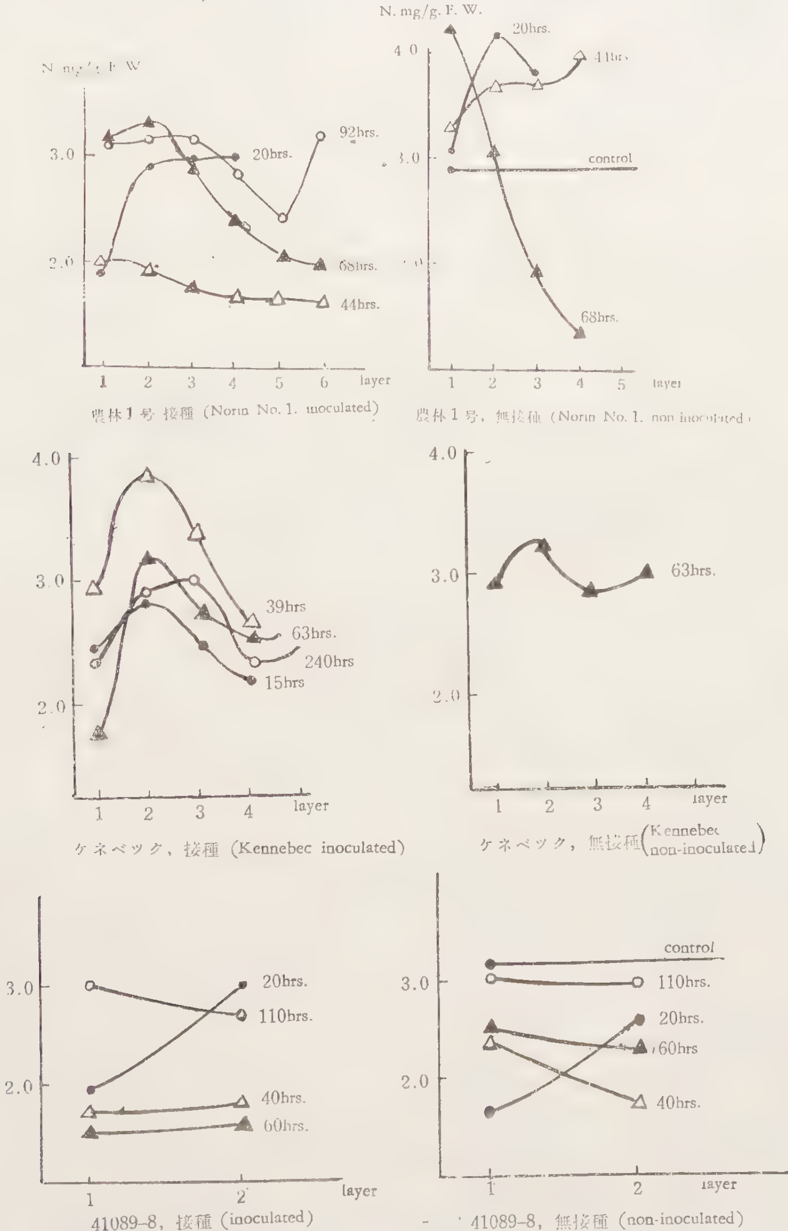
（**c**） **水溶性蛋白—N成分**　この成分の変動を見るに一般に各品種を通じて切断あるいは接種によつて，その初期に減少し後に増加する傾向がある。その 1 例を第 9 図に示したが，全実験を通じて抵抗性との間に顕著な共通的関係を見出し得ない。これはこの成分が水溶性蛋白，非水溶性N成分含量と密接に関連し同時に菌による摂取，転流などによつて影響されるためと思われる。これらは論議の項で再び触れなければならない。

（**d**） **水溶性全N成分**　第 10 図に示すように抵抗性との間に一定の傾向を認められない。これはN成分の健全部からの転流， polyphenol との結合沈着，糖，澱粉その他の増減に伴う相対的変動などによつて極めて複雑な様相を呈するためと思われる。

iv) 炭水化物代謝　代表的な品種「41089—8」および「馬鈴薯農林 1 号」に就いて *P. infestans* 接種の場合の澱粉含量の変動および全糖の変動を第 11，12 図に各々示した。侵入初期に澱粉の増加が見られるが特にその傾向は「41089—8」で著しく且つその際に未だ侵入を受けない奥の細胞層ではかえつて澱粉の減少が見られることは，この層の澱粉が侵入層での澱粉増加に用いられているとも考えられて興味が深い。時間の経過につれて，表層でかえつて減少して奥の細胞層で増加するが，この表層の減少は，前述せる如く褐変による死細胞の増加と関連する現象かも知れない。こ

れらの澱粉の増減に伴つて全糖含量も変化するが，一般的傾向として時間の経過につれて段々減少し後期に再び増加する。

v) **Polyphenol 化合物**　各品種に於ける polyphenol 含量変化の代表的な例を第13，14図に示した。抵抗性品種「41089—8」および「ケネベツク」の各2回の接種実験で常に認められたことは，初期（15～20時間後）に於ける polyphenol の増加とその後の減少であつた。それより後期になると再び増加している。「馬鈴薯農林1号」では2回のうち1例ではこのような減少期が顕著でなかつたが，他の1例では抵抗性品種におけると同様に認められた。この初期に於ける polyphenol 増加は抵抗性品種で著しく，罹病性



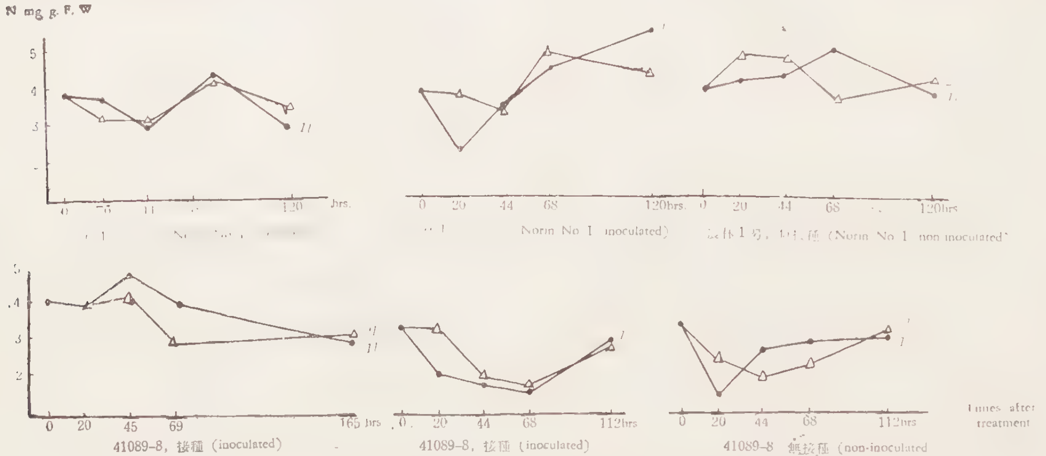
第9図　馬鈴薯疫病菌接種及び無接種塊茎の水溶性非蛋白態窒素成分含量の変化

Fig. 9　Variation in the amount of soluble non-protein-nitrogen in 'cut and non-inoculated' and 'cut and inoculated' tubers.

品種で少なかつた。中間期に於ける減少は後述するごとく，polyphenol の褐変部への沈着にもとづくものであろう。切断部（あるいは接種部）より距るにつれて polyphenol 含量の増加が少くなるように見える。これは切断（接種）面に対する polyphenol 転流にもとづくことも考えられる。

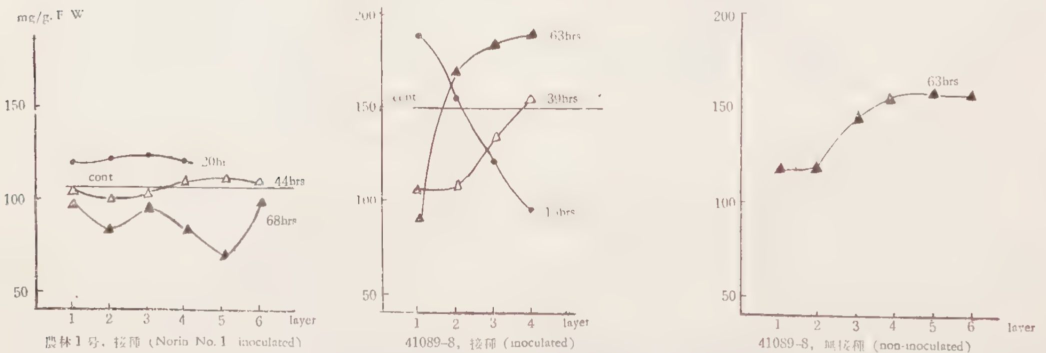
B. 抵抗性品種および罹病性品種に於ける菌侵入時初期變化の比較

以上の諸実験を通じて特に注目されるのは，疫病菌接種後 15～20 時間に於ける呼吸，水溶性蛋白含量，polyphenol 含量の変動である。すなわち抵抗性品種では疫病菌接種によつて，これらが増加し，罹病性品種では増加しないように見える。この点を確めるために抵抗性品種および罹病性品種に対して同時に疫病菌を接種して，以上 3 要因の変動を調べた。これらの諸結果と前述諸



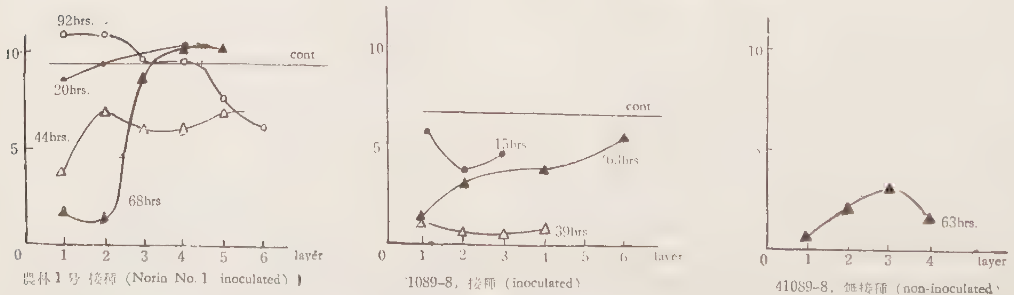
第 10 図 馬鈴薯疫病菌接種および無接種塊茎の水溶性全窒素含量の変化

Fig. 10 Hourly changes in total soluble nitrogen (by fresh weight basis).



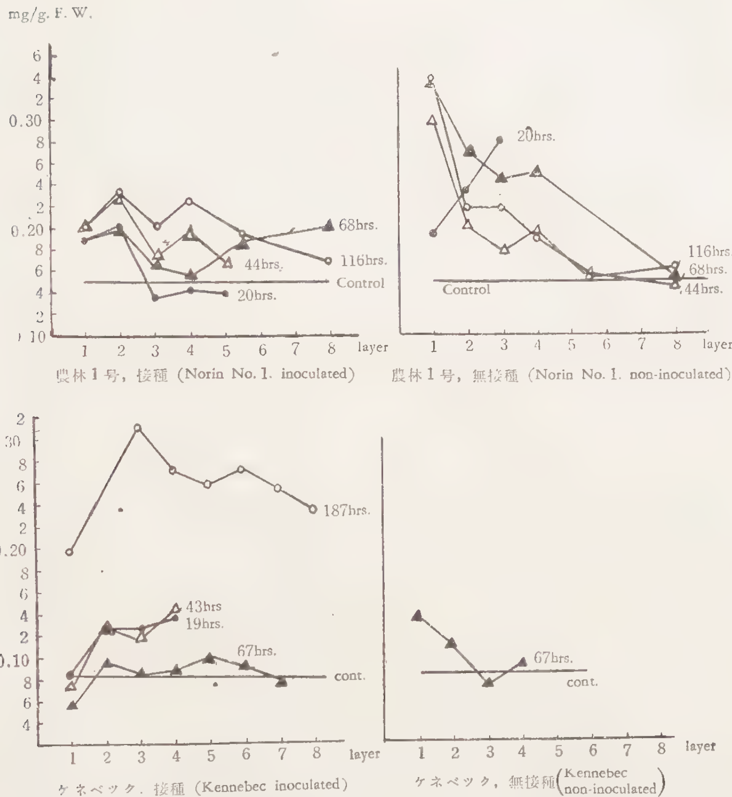
第 11 図 馬鈴薯疫病菌接種および無接種塊茎の澱粉含量の変化

Fig. 11 Variation in starch content of inoculated tubers.



第 12 図 馬鈴薯疫病菌接種および無接種塊茎の全糖量の変化

Fig. 12 Variation in content of total sugar of inoculated tubers.



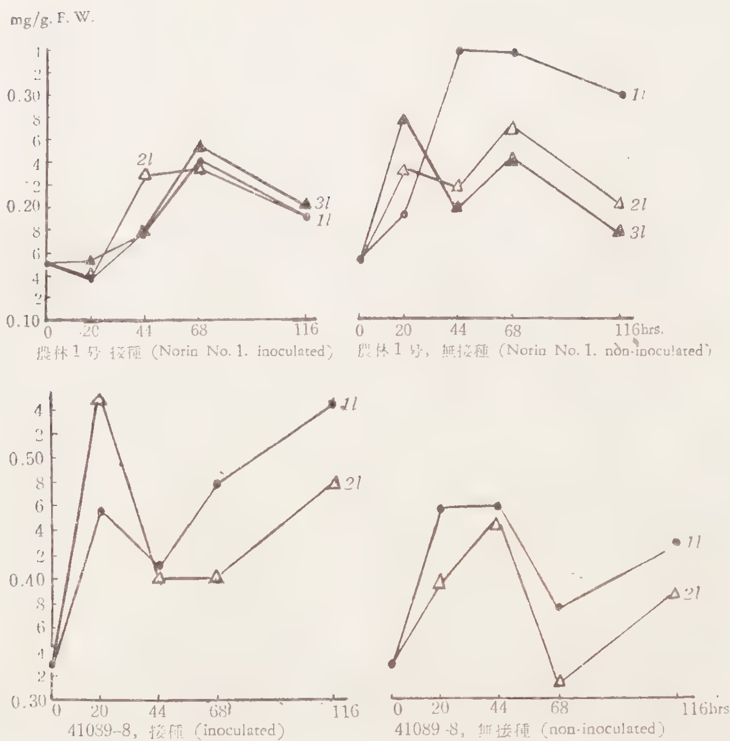
第13図　馬鈴薯疫病菌接種および無接種塊茎の polyphenol 成分含量の変化（I）層別変化

Fig. 13　Hourly changes in content of polyphenol compounds in different layers of 'cut and non-inoculated' and 'cut and inoculated' tuber.

実験の諸結果を一括して第8表に示した。この結果は上にのべたことが一般に抵抗性品種，罹病性品種に適用されることを示している。しかもこれらの現象は実験季節に無関係に認められる。田川・岡沢・酒井（1952 etc.）によつて貯蔵期間中の馬鈴薯塊茎の生理が研究せられたが，塊茎は貯蔵中に，その塊茎の生理が変化し発芽開始に伴つて炭水化物，蛋白の分解，合成の変動が起ることを示している。したがつて，上述の抵抗性，罹病性に伴う生化学的変動が貯蔵時期の如何にかかわらず成立することは興味ある事実であろう。

3. 考　　察

疫病菌の侵入に対する馬鈴薯塊茎の生理学的反応を総括すると，抵抗性品種では疫病菌の侵害を受けると，まず始めに呼吸が増加し，水溶性蛋白ならびに澱粉が増加し同時に polyphenol の含量が増加する。これに反して罹病性品種ではこのような現象は見られない。この抵抗性品種に於ける蛋白，澱粉の増加が罹病部位の失水によるものではないことは，A ii 項で証明した。したがつて実質的な水溶性蛋白の増加と考えてよい。この水溶性蛋白の増加は菌体成分の増加によるものではない。何故ならば菌体成分の増加が多い筈の罹病性品種で寧ろ水溶性蛋白が少ないからである。これは菌体成分が初期（15～20時間以内）の間では馬鈴薯塊茎成分に比し無視し得るほど少ないことによるのであろう。したがつて抵抗性品種では疫病菌侵入によつて呼吸の増加および合成の方向に向う生化学的反応を伴うと考えられる。この呼吸の増加によつて polyphenol の増加が起るものであろう。罹病性品種ではこのような反応は起らない。その後時間が経過すると抵抗性品種で polyphenol 成分が急激に減少し，同時に水溶性蛋白も減少し，非水溶性N成分が増加してくる。これは抵抗性に伴う過敏感反応によつて



第 14 図　馬鈴薯疫病菌接種および無接種塊茎の Polyphenol 成分含量の変化（Ⅱ）時間的変化

Fig. 14　Hourly changes in content of polyphenol compounds in 'cut and non-inoculated' and 'cut and inoculated' tubers.

第 8 表　切断処理および疫病菌接種による初期（15〜20 時間後）の生理変化の品種間差異

Table 8　Varietal differences in physiological changes of 'cut and non-inoculated' and 'cut and inocuated' tubers in an early stage (15-20 hours after treatments).

品　種	呼吸 O_2 吸収 切断/標準	呼吸 O_2 吸収 接種/切断	呼吸 CO_2 排出 切断/標準	呼吸 CO_2 排出 接種/切断	フェノール含量 切断/標準	フェノール含量 接種/切断	可溶性蛋白N 全N 切断/標準	可溶性蛋白N 全N 接種/切断	澱粉 切断/標準	澱粉 接種/切断	接種後の時間	実験期日
実験 1. 41089—8 (R)	2.95	1.13	2.92	1.19	1.39	1.00	0.997	1.31			15	1953年11月
〃 2. 41089—8 (R)	-	1.42	-	-	-	1.06	-	1.10			15	1954年10月
〃 3. 41089—8 (R)	-	1.31	-	-	-	0.97	-	1.10			15	1954年11月
〃 4. 農林1号 (S)	3.31	0.76	3.10	0.72	1.27	0.71	1.31	0.75	1.04	1.09	20	1955年1月
〃 5. 農林1号 (S)	-	0.83	-	0.84	-	0.98	1.15	0.65			20	1954年2月
〃 6. 男爵薯 (S)	3.13	1.02	3.76	0.95	1.11	0.99	1.75	0.96	1.41	1.06	20	1954年6月
	2.61	1.01	2.80	1.03	1.35	0.80	1.90	1.18			20	〃
4702—7 (R)	2.04	1.23	2.03	1.13	0.86	1.13	2.06	1.28	1.02	1.23	20	〃
	2.11	1.42	2.03	1.39	1.09	1.04	0.95	1.2[illegible]			20	〃
〃 7. 農林1号 (SR)	2.09	1.31	2.78	1.28	1.52	0.96	1.52	0.80	1.47	1.07	20	〃
	2.33	1.36	2.88	1.41	1.66	0.81	1.24	0.87			20	〃
ケネベック (R)	2.33	1.53	1.89	1.63	0.89	1.05	0.95	1.26	0.84	1.01	20	〃
	-	1.51	-	1.54	0.85	1.17	0.98	1.10			20	〃

註　S：罹病性　　R：抵抗性　　SR：罹病性なるも，抵抗性に近い褐変を示し，胞子形成も著しく少ない。

polyphenol 成分が水溶性蛋白，アミノ酸などと結合沈着してメラニン様物質を形成し非水溶性化することによるものであろう。この時期には polyphenol 含量は抵抗性品種の方がかえつて罹病性品種に於けるより少ない場合が多い。もつと後期になると再び抵抗性品種の方が polyphenol が多くなるように見える。従来抵抗性品種と罹病性品種の罹病組織で polyphenol 含量に一定の関係を見出し得ない場合が多いのはこのような polyphenol 含量の変動を無視して分析したことによる場合が多いであろう。罹病性品種での水溶性蛋白の後期の増加は，菌体成分の増加で説明できよう。水溶性非蛋白—N，全糖などの含量は以上の諸変化に対応するものとして理解できよう。

以上に述べたように，抵抗性品種の組織では疫病菌侵入に伴つて，向合成的な反応が起ると結論される。既に SEMPIO (1949) は光合成作用の測定から白渋病に対する小麦の抵抗性が合成に向う反応と密接につながつていると推定している。このような合成に向う反応は傷害に伴う一般的な反応 (MONNÉ, 1948) と同種のものと考えられる。そこで傷害に対してこのような反応を強く起す品種が抵抗性を示すのではないかと云うことが考えられるが，第8表に明かなように切断処理に対する呼吸，水溶性蛋白，polyphenol 成分の増加率と抵抗性の間には全く一定の関係を認めない。したがつて少なくも種間雑種の抵抗性因子にもとづく抵抗性はこのような生体反応の遅速あるいは強さ丈では説明ができず，このような反応を起させる原因に結びついた別の機構を考えなければならない。

4. 摘　　要

1. 馬鈴薯塊茎を切半し，その切断面に疫病菌を接種し，その切断面および内層位に起る生理的変化を追求した。

2. 抵抗性品種として「41089—8」,「4702—7」「ケネベツク」(以上種間雑種 *S. demissum* × *S. tuberosum*) 罹病性品種として「男爵薯」,「馬鈴薯農林1号」(以上 *S. tuberosum*) を用いた。

3. 抵抗性品種では疫病菌侵入初期 (15〜20時間) に呼吸の増加，水溶性蛋白の増加，澱粉の増加，polyphenol 含量の増加が認められる。これらは寄主植物の菌に対する反応にもとづくものであり，合成の方向に向う反応であると結論した。これに反して罹病性品種ではこのような傾向を認めない。

4. その後時間が経過すると，polyphenol 化合物はアミノ酸，水溶性蛋白などと沈着し不溶性化し polyphenol 成分はかえつて抵抗性品種で減少し，これに反して非水溶性N成分が増加する。罹病性品種ではこのような傾向を殆ど認めない。

5. このような生理的変動の最も著しい部分は菌接種部より10〜15細胞層であるように見える。それより奥になるとその変動は漸次平常に復する。

6. 時間経過を見るに，抵抗性細胞では接種後ほぼ70時間頃に最も呼吸の増加が大であるように見えるが，その後平常に復して行くが，相当時間の経過した場合 (「ケネベツク」で240時間「41089—8」で170時間) でも尚相当に増加が見られる。罹病性品種では4日後に胞子を形成しその後崩壊するに至るが，それに応じて著しい生理変化がある。

本研究の概要は既に日本植物病理学会講演会 (1953, 1954) で発表した。この研究に対して御指導，御激励を頂いた当農業試験場長栃内吉彦博士，病理昆虫部長田中一郎技官に対し，また御協力を頂いた鬼原隆夫，加藤文一，後藤慶の諸氏に対して心より感謝の意を表する。

引用文献

1. ALLEN, P. J. (1953): Toxins and tissue respiration. Phytopath., 43: 221〜229.

2. ARTSHWAGER, E. (1927): Wound periderm formation in the potato as affected by temperature and humidity. J. Agr. Res., 35: 995〜1000.

3. BEHR, L. (1949): Über den Einfluss von narkotisch wirkendem Stoffen auf die Wundperidermbildung u. die Resistenz der Kartoffel-Knollen gegenüber *P. infestans* und Vertreten der Gattung *Fusarium*. Phytopath. Zeitschr., 15: 407〜447. (R. A. M., 29: 380)

4. DUFRÉNOI, J. (1936): Cellular immunity. Amer. J. Bot., 23: 70〜79.

5. GÄUMANN, E. (1950): Principles of plant infection. Hafner Publ. Co. New York.

6. GRETSCHUSHNIKOFF, A. I. (1939): Role of peroxidase in immunity against *Phytophthora infestans* de BARY. C. R. Acad. Sci. U. R. S. S.,

N. S., 25 : 683〜687. (R. A. M., 19 : 300).

7. HAGENGUTS, K. & R. GRIESINGER (1941) : Untersuchungen über den Stickstoffhaushalt der Kartoffelknolle bei der *Phytophthora*-Fäule. Phytopath. Zeitschr., 13 : 517〜529. (R. A. M., 21 : 217).

8. HILL, L. M. (1939) : A study of Suberin and suberinized deposits of diseased potato tubers. Phytopath., 29, 274〜282.

9. JOHNSON, G. & L. A. SCHAAL, (1952) : Relation of chlorogenic acid to Scab resistance in potatoes. Science, 115 : 627〜629.

10. LEPIK, E. (1929): Untersuchungen über den Biochemismus der Kartoffelfäule. Phytopath. Zeitschr., 1 : 49〜109.

11. ——— (1939): Über die Rolle der stickstoffhaltigen Bestanteile der Kartoffel-knolle bei der *Phytophthora*-Fäule. Phytopath. Zeitschr. 12 : 292〜311.

12. MEYER, G. (1940): Zellphysiologische und anatomische Untersuchungen über die Reaktion der Kartoffelknolle auf den Angriff der *Phytophthora infestans* bei Sorten verschiedenes Resistenz. Arb. aus Biol. Reichsanst. f. Land-u. Forstwirtschaft., 23 : 97〜132.

13. MONNÉ, L. (1948): Functioning of the cytoplasm. Advance in Enzymology, 8 : 1〜69.

14. MÜLLER, K. O. (1931): Über die Entwicklung von *Phytophthora infestans* auf anfälligen u. widerstandfähigen Kartoffelsorten. Arb. aus Biol. Reichsanst. f. Land-u. Forstwirtschaft, 18 : 465〜505.

15. ——— & L. BEHR, (1949): 'Mechanism' of *Phytophthora*-resistance of potatoes. Nature, 163 : 498〜497.

16. 　　　u. G. MEYER, (1941): Zellphysiologische u. anatomische Untersuchungen über die Reaktion der Knollen von resistenten und anfälligen Kartoffelsorten gegenüber *Phytophthora infestans*., Landw. Jahrb., 90 : 235〜238.

17. PEACKOCK, W. M. (1931): The healing of potatoes skinned during harvest as affected by temperature, humidity and slar and sky radiation. Amer. soc. for Hort. Sci., 28 : 266〜269.

18. RUBIN, B. A., E. V. ARTSIKOVSKHOVSKYA & T. A. PROSKURNIKOVA (1947): Oxidative changes of phenols and their role in the resistance of potatoes against *Phytophthora infestans*. Biochemika, 12 : 141〜152. (Biol. Abst., 22 : 7).

19. 酒井隆太郎 (1954) : 馬鈴薯疫病菌の生理学的研究　3. 馬鈴薯疫病菌の呼吸と培養基質との関係　北農試彙報, 70 : 99〜105 (1956)

20. SEMPIO, C. (1950): Metabolic resistance to plant diseases. Phytopath., 40 : 799〜819.

21. 鈴木直治 (1955): 甘藷紫紋羽病感染組織の異常呼吸, 褐変と抵抗　栃内・福士両教授還暦記念論文集, 227〜235.

22. 田川隆・岡沢養三・酒井隆太郎 (1952 etc.) : 馬鈴薯の生理形態学的研究 (Ⅰ〜XVI) 北大邦文紀要第 1 巻, 第 1 号, 22〜28 他.

23. 栃内吉彦 (1951): 植物の機能的抗菌性　植物病害研究, 第 4 集.

24. TOMBESI, L. (1949): Respiration and activity of Oxidase and Catalase during cicatrization in sound and infected tubers of potato (*Solanum tuberosum*) Ann. sper. agrar (Rome) (N. S.) 3 : 1227〜50. (C. A. 44 : 4966).

25. 冨山宏平 (1955): 馬鈴薯疫病抵抗性の細胞生理学的研究 (Ⅱ) 日・植・病・報., 19: 149〜154.

26. 冨山宏平 (1955): 麦類雪腐病に関する研究　北農試報告, 47 号.

27. 瓜谷郁三・滝田智久 (1953): 黒斑病甘藷の病理化学的研究 (第 8 報) 日・農・化., 27, 168〜174.

28. 瓜谷郁三 (1954): 甘藷疾病の生化学　農産加工技術研究会誌 1, 205〜213.

29. YAMAMOTO, M. & K. TATSUYAMA, (1955): On the iron appearing in the diseased spots of the late blight of potato plants. Jubilee Publ. in Commemoration of the Sixtieth Birthdays of Prof. Y. Tochinai & Prof. T. Fukushi. 85〜91.

Résumé

The present study was carried out in the years from 1953 to 1954 as a preliminary experiment on the mechanism of defense reaction of potato plants against *Phytophthora infestans*.

Potato varieties used were "Irish Cobbler" and "Norin No. 1" as susceptibles and "41039-8", "4702-7" and "Kennebec" as resistants. The latter three varieties are interspecific hybrids.

Tubers were cut in halves and cut surface was infected with concentrated zoospore

suspension. After various initial periods, blocks of tuber were stamped out by a cork borer, 22 mm in diameter, and sliced 0.45mm thick by means of microtome, starting from the infected surface.

Sliced pieces of tuber were washed in running water for 2 to 4 hours immediately after slicing and then their O_2 uptake and CO_2 output were measured by means of WARBURG Manometer.

These slices were also used for determination of water soluble protein-N, water insoluble rest-N, water insoluble-N, carbohydrates, polyphenol compounds and water content. Nitrogen was determined by micro-KJELDAHL method. The analysis of carbohydrates was made by micro-BERTRAND method. The polyphenol compounds extracted from the slices with methanol were precipitated with lead acetate, and the precipitate was liberated by adding sulphuric acid and determined spectrophotometrically by FOLIN-DENIS method.

The results obtained in these experiments will be summarized as in Table 1. From this table it will be seen that when attacked by the pathogen the resistant varieties first show increased respiration, followed by an increase in water soluble protein, starch and polyphenol, while in susceptible varieties no such phenomena are observed. This increase in protein and starch in resistant varieties is not due to the loss of water in the infected tissue, because no difference in increase in dry matter was observed between the tissue kept in petri-dish saturated with moisture by wet

Table 1 Balance sheet of physiological changes in potato tuber tissue infected by *P. infestans.*

Varieties	Analyzed	Disease process after infection		
		Early stage	Middle stage	Later stage
Resist. var.	Respiration	increased	lowered, but higher than control	lowered, but higher than control
	Water content	slightly decreased	increased	increased
	Water soluble protein-N	increased	decreased	decreased
	Water soluble non-protein-N	decreased	decreased	slightly increased
	Water insoluble-N	increased	increased more	increased more
	Starch	remarkably increased	decreased in superficial layers, and increased in inner layers	―――
	Total sugar	decreased	decreased	slightly increased in inner tissue
	Polyphenol compounds	increased	decreased	increased
Suscept. var.	Respiration	not increased	not increased	increased in superficial tissue, not in inner layers
	Water content	slightly increased	decreased	decreased
	Water soluble protein-N	decreased	increased	slightly decreased
	Water soluble non-protein-N	decreased	decreased	slightly decreased
	Water insoluble-N	not increased	slightly increased	increased, especially in superficial tissue
	Starch	increased	decreased in both superficial and inner tissues	―――
	Total sugar	decreased	decreased	increased in inner tissue
	Polyphenol compounds	decreased	Slightly increased	decreased

filter paper and that in petri-dish without wet filter paper.

Accordingly this increase should be considered as a real increase in quantity. Moreover, the increase in water-soluble protein is not due to the increased hyphal substance because rather less water-soluble protein was found in susceptible varieties which seemed to have more hyphal substance than resistant ones and because hyphal substance is negligibly small in amount in comparison with substances contained in potato tuber tissue, as far as an early stage of infection is concerned.

Consequently it will be noted that in resistant varieties, when infected with *Phytophthora infestans*, an increase in respiration and other biochemical reactions leading to synthesis are always seen. It is surmised, too, that an increase in polyphenol compounds may be correlated with the increase in respiration.

With the lapse of time, rapid decrease in polyphenol compounds and water-soluble protein and gradual increase in water insoluble nitrogen compounds are observed in resistant varieties.

These changes will be induced by combination of polyphenol compounds with water soluble protein and amino acids etc. and by resultant deposition of elaborated compounds. It may be on account of this periodical variation in content of polyphenol compounds that most workers have failed to find any definite relation between polyphenol contents in infected tissue of resistant and susceptible varieties. The later increase in the water-soluble protein in susceptible variety will be induced by the increased hyphal substance. The above described changes in contents of different substances will account for the variation in contents of water-soluble non-protein-N and total sugar.

The above mentioned facts lead to the conclusion that the infection of the fungus gives rise to the synthetic reaction in the tissue of resistant variety. As this synthetic reaction is thought to be a general reaction which accompanies the injury given to the plants it is surmised that varieties which show more intensified reaction against the injury will be more resistant to the disease. This consideration, however, can not be accepted from the fact that there is no concrete correlation between resistance and increase in respiration and content of water-soluble protein and polyphenol compounds in cut and non-inoculated tubers, against in control tuber (uncut).

Accordingly it may be said that the resistance expressed by the gene derived from wild speciees of potato is hardly explained only by the velocity or intensity of vital (biochemical) reaction and, therefore, some other functions connected to the motive which induces the reaction of this kind must be found in order to understand the problem of defence reaction.

馬鈴薯疫病菌の生理学的研究

第4報　馬鈴薯疫病菌の発育に対する重金属塩類の影響

酒　井　隆　太　郎*

PHYSIOLOGICAL STUDIES ON THE *PHYTOPHTHORA INFESTANS* (MONT) DE BARY

PART 4. THE EFFECT OF CERTAIN HEAVY METAL ELEMENTS UPON THE MYCELIAL DEVELOPMENT OF *PHYTOPHTHORA INFESTANS* IN THE NUTRIENT SOLUTION.

By Ryutaro SAKAI

I　緒　　言

前報[6)7)]に於て *Phythophthora infestans* の発育に対する炭素源，窒素源の影響について報告したが，今回は本菌の純粋培養に於いて，菌絲の生育及び胞子形成に対する重金属塩類の影響について培養実験を行つたので，その結果を報告する。従来多くの絲状菌類が特定の重金属の存在に於て著しく菌絲の生育が促進され，特に鉄，亜鉛は大部分の絲状菌の生育に不可欠の重金属塩として知られている。又或る重金属塩は培地上に於ける菌絲の形態，胞子の形成に影響を与えることが知られている。[8)9)] NEWTON & LOPATECHI (1953)[4)] は *Phytophthora cactorium, P. megasperma, P. parasitica, P. erythroseptica* は，菌絲の生育に鉄，亜鉛，銅，マンガン及び未知の微量要素が必要であることを報告した。本実験に使用した重金属塩類としては，鉄，亜鉛，モリブデン及びマンガンで，これらを合成培養液中に $^1/_{1,000}$〜$^1/_{100,000}$ Mol 濃度になるように加え，各重金属塩について本菌菌絲の生育並びに胞子の形成に対する影響を調べた。

II　実験材料及び実験方法

供試した馬鈴薯疫病菌は従来使用した当研究室保存菌 H_1 である。基本培養液としては栃内・中野氏液[16)]を使用した。但し $FeCl_3$ を除いた。合成培養液の組成は次の如くである。

KNO_3 2.0g, K_2HPO_4 0.5g, KH_2PO_4 0.5g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5g, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0.1g, Glucose 30.0g, Thiamine 200γ, 再蒸溜水 1000cc。

試薬は総て関東化学製鹿印1級品を使用した。培養容器は Silicox 硬質ガラス製三角フラスコ（容量 100 ml）を使用した。これはクロム硫酸に浸漬後充分水洗し，加圧殺菌釜で煮沸後蒸溜水を用いて洗滌した。供試重金属塩は鉄（$FeCl_3$），マンガン（$MnSO_4 \cdot 4H_2O$），モリブデン（$MoO_4Na_2 \cdot 2H_2O$）及び亜鉛（$ZnSO_4$）を使用した。

培養液の調製は栃内・中野氏の方法[16)]に依つた。即ち上記合成培養液処方の再蒸溜水の量を 600 ml に減じた濃厚原液を作り，これに $^1/_{10}$〜$^1/_{1,000}$ Mol の重金属溶液と再蒸溜水を適宜加えて供試重金属塩の所要量を含む試験培養液を作製した。培養液の pH は HCl, NaOH で pH 5.7 に調整した。接種源は馬鈴薯寒天をシャーレに薄く（1 mm 程度）流して培養し，接種5日後の菌絲を僅少の寒天と共に径 2 mm の円板形に切りとり，試験培養液上に浮べた。

これを恒温器中で 19°C で 25〜40 日間培養した。培養終了後，胞子の形成を観察し，菌体は濾紙を用いて濾過し，熱水で充分洗滌後，濾紙で水分を取り，秤量管で 80〜90°C で恒量になるまで乾燥して秤量した。同時に培養濾液の pH を測定した。尚供試培養液中の各重金属塩類の濃度は

* 病理昆虫部病害第1研究室

$^{1}/_{1,000}$, $^{1}/_{2,000}$, $^{1}/_{4,000}$, $^{1}/_{8,000}$, $^{1}/_{10,000}$, $^{1}/_{20,000}$, $^{1}/_{40,000}$, $^{1}/_{60,000}$, $^{1}/_{80,000}$, $^{1}/_{100,000}$ Mol 及び無添加区の11区である。なお本実験に於いては各濃度毎にフラスコ3個宛培養し，菌体重量はその平均量をもつて示した。又同一実験を2度繰返して行い大体同一の結果を得た。

III　実験結果

本菌菌絲の生育及び胞子形成に対する各重金属塩類の影響を調べた結果は次の如くである。

1.　$FeCl_3$ に關する試驗

塩化鉄各濃度の供試培養液に於ける菌絲の生育結果を示すと第1表，第1図Aに示す如くである。

第1表　塩化鉄の菌体生育に対する影響
Table 1　Effect of $FeCl_3$ upon the mycelial growth.

$FeCl_3$ 濃度	菌体乾燥重量 (mg)	胞子形成	pH
1/ 1,000	0	−	3.7
1/ 2,000	1.0	+	4.8
1/ 4,000	2.0	+	5.2
1/ 8,000	6.0	+	5.5
1/ 10,000	8.0	+	5.5
1/ 20,000	13.0	++	5.6
1/ 40,000	17.0	++	5.3
1/ 60,000	22.0	++	6.0
1/ 80,000	18.0	++	6.0
1/100,000	10.0	+	5.5
対照区	0.5	+	5.0

この結果より，塩化鉄含量の比較的大なる $^{1}/_{1,000}$ Mol の濃度で菌絲の発育は全く停止するのがみられる。$^{1}/_{2,000}$～$^{1}/_{4,000}$ Mol では菌絲は僅かながら生育する。$^{1}/_{8,000}$ Mol 以下の低濃度では菌絲の発育は著しく促進され，就中 $^{1}/_{60,000}$ Mol で最大生育を示した。又 $^{1}/_{8,000}$ Mol より低濃度では菌体生育量は減少の傾向を示した。尚，鉄缺除(対照区）区でも菌絲の生育が僅少認められた。胞子の形成は各濃度に於ける生育菌絲に認められるがその数は何れも少なく，僅かに $^{1}/_{20,000}$～$^{1}/_{80,000}$ Mol で若干の増加が認められた。又培養濾液の pH は $^{1}/_{2,000}$～$^{1}/_{20,000}$ Mol の高濃度では他濃度に比し著しく低下した。

2.　$ZnSO_4$ に關する試驗

硫酸亜鉛各濃度培養液に於ける菌絲の生育結果は第2表，第1図Bに示す如くである。

第2表　硫酸亜鉛の菌体生育に対する影響
Table 2　Effect of $ZnSO_4$ upon the mycelial growth.

$ZnSO_4$ 濃度	菌体乾燥重量 (mg)	胞子形成	pH
1/ 1,000	1.3	+	5.0
1/ 2,000	2.3	+	5.2
1/ 4,000	2.0	+	5.1
1/ 8,000	2.0	+	5.9
1/ 10,000	2.5	+	4.5
1/ 20,000	4.0	+++	5.5
1/ 40,000	6.0	+++	5.5
1/ 60,000	8.2	+++	5.9
1/ 80,000	7.0	++	5.5
1/100,000	6.0	+	5.7
対照区	1.0	+	5.1

本結果よりみると $ZnSO_4$ $^{1}/_{1,000}$～$^{1}/_{8,000}$ Mol の比較的高濃度でも菌絲の生育が認められるが $^{1}/_{20,000}$ Mol 以下の低濃度で菌絲の生育が若干促進され，$^{1}/_{60,000}$～$^{1}/_{80,000}$ Mol では最も菌糸の生育が促進された。又胞子は各濃度の菌体に認められるが，特に $^{1}/_{8,000}$～$^{1}/_{80,000}$ Mol では多数の胞子が形成され，且つ形成胞子は大形であり（$40\times50\ \mu$）で他の供試重金属塩類培養菌体に認められる形成胞子の2，3倍の大きさを示した。

3.　$MnSO_4 \cdot 4H_2O$ に關する試驗

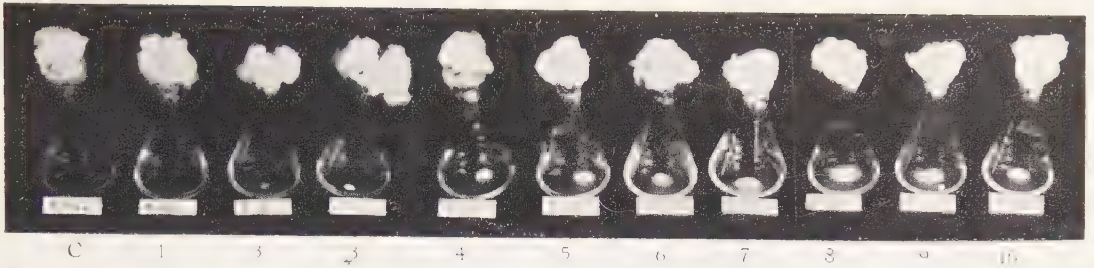
硫酸マンガン各濃度培養液に於ける菌絲の生育は第3表，第1図Cに示す如くである。

第3表　硫酸マンガンの菌体生育に対する影響
Table 3　Effect of $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ upon the mycelial growth.

$MnSO_4 \cdot 4H_2O$ 濃度	菌体乾燥重量 (mg)	胞子形成	pH
1/ 1,000	0.5	−	5.6
1/ 2,000	0.9	+	5.5
1/ 4,000	2.0	+	5.5
1/ 8,000	1.0	+	5.6
1/ 10,000	2.5	+	5.6
1/ 20,000	2.1	+	5.6
1/ 40,000	4.0	+	5.8
1/ 60,000	7.0	+	5.8
1/ 80,000	5.0	+	5.1
1/100,000	3.5	+	5.7
対照区	3.9	+	5.8

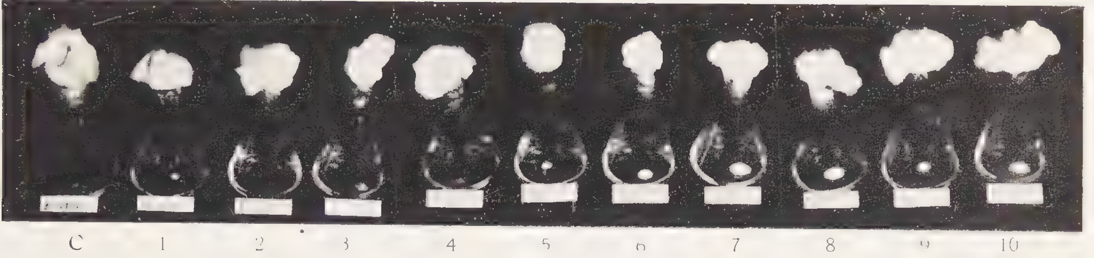
$MnSO_4 \cdot 4H_2O$ の含量が比較的高い $^{1}/_{1,000}$～$^{1}/_{8,000}$

(A) Fe



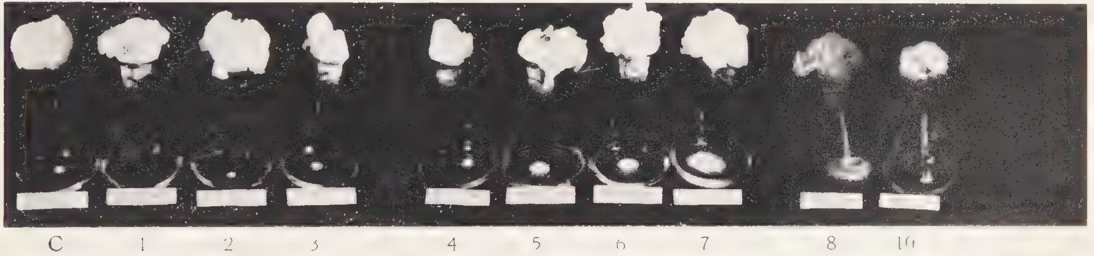
C　1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

(B) Zn



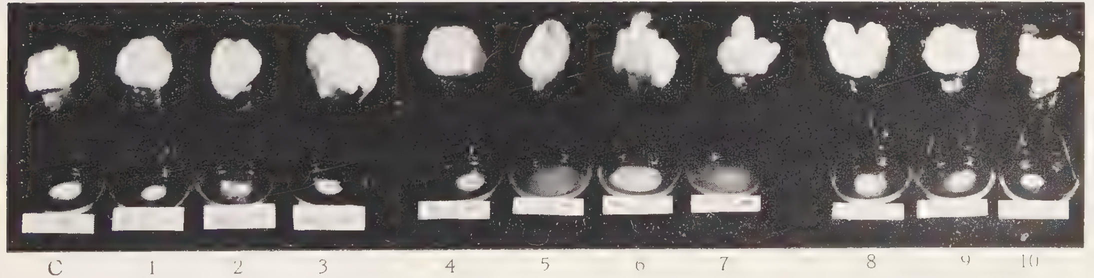
C　1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

(C) Mn



C　1　2　3　4　5　6　7　8　10

(D) Mo



C　1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

第1図　各重金属塩類の馬鈴薯疫病菌々糸の生育に対する影響
(A)-Fe　(B)-Zn　(C)-Mn　(D) Mo

Fig. 1　Effect of heavy metal elements upon the mycelial development of *Phytophthora infestans.*

各重金属塩類濃度　C　対照区，(1) $^1/_{1000}$ Mol，(2) $^1/_{2000}$ Mol，(3) $^1/_{4000}$ Mol，(4) $^1/_{8000}$ Mol，(5) $^1/_{10000}$ Mol，(6) $^1/_{20000}$ Mol，(7) $^1/_{40000}$ Mol，(8) $^1/_{60000}$ Mol，(9) $^1/_{80000}$ Mol，(10) $^1/_{100000}$ Mol.

Molでは菌絲の生育は多少阻害される傾向を示した。$^1/_{40,000}$～$^1/_{80,000}$ Mol 濃度で菌絲の生育促進が認められ就中 $^1/_{60,000}$ Mol で最大菌絲生育を示した。胞子の形成は $^1/_{20,000}$～$^1/_{80,000}$ Mol で比較的多量形成され，形成胞子も比較的大形である。

4.　$MoO_4Na_2 \cdot 2H_2O$ に關する試驗

モリブデン酸曹達各濃度培養液に於ける菌絲の生育は第4表，第1図Dに示す如くである。

$MoO_4Na_2 \cdot 2H_2O$ $^1/_{1,000}$ Mol で菌絲の発育は多少阻害されるが $^1/_{2,000}$ Mol 以下の濃度で菌絲の発育は著しく促進され，殊に $^1/_{10,000}$ Mol 濃度で最大生育量を示した。胞子形成は比較的濃度の高い $^1/_{4,000}$～$^1/_{100,000}$ Mol で他濃度に比し多いようである。

第4表 モリブデン酸曹達の菌体生育に対する影響

Table 4 Effect of $MoO_4Na_22H_2O$ upon the mycelial growth.

$MoO_4Na_2 \cdot 2H_2O$ 濃度	菌体乾燥重量 (mg)	胞子形成	pH
1/ 1,000	2.2	+	5.7
1/ 2,000	5.2	+	6.0
1/ 4,000	5.4	+	6.1
1/ 8,000	6.6	+	6.0
1/ 10,000	6.1	+	6.1
1/ 20,000	8.6	+	6.1
1/ 40,000	9.0	+	6.1
1/ 60,000	11.9	+	6.2
1/ 80,000	14.3	+	6.4
1/100,000	15.2	−	6.3
対照区	3.6	+	5.9

Ⅳ 考　　察

一般に鉄は大部分の絲状菌に対し不可缺要素であることは多くの研究者によつて認められているが,[1) 11) 15) 17)] 本菌の呼吸酵素の大部分はチトクローム酸化酵素と考えられ，依つて本菌の生育に鉄が重要要素となることが予想される。本実験結果は鉄缺除区でも菌絲が或る程度生育するが，これは接種菌絲中，又試薬品中に微量に混在した鉄が影響するように考えられる。

培養結果は鉄が特に本菌々絲の栄養生長に対して他の供試重金属より大きい影響を与えることを示した。本培養液に於いて菌絲の生育の最適 $FeCl_3$ 濃度は $^1/_{60,000}$ Mol である。又本菌の胞子の形成に対する鉄の影響は比較的少なく，各鉄濃度で明かな差は認められない。

次に亜鉛の本菌々絲の生育に対する影響は比較的少なく，本培養液に於いては $ZnSO_4$ 濃度 $^1/_{60,000}$ Mol で最大生育を示した。一方胞子の形成並びに胞子の大きさに及ぼす影響は顕著に認められた。従来亜鉛は種々の菌類に対してその栄養生長を促進するが，胞子の形成に抑制的に作用するという結果と，一方 STEINBERG (1935)[11)] 等の如く胞子の形成には少量の Zn が必要であることを報告しているが，本実験結果では栄養生長を促進した各亜鉛濃度 ($^1/_{20,000}$～$^1/_{80,000}$ Mol) に於て同時に胞子の形成が多い傾向が認められる。使用重金属塩類中では，特に亜鉛は本菌の胞子形成に主要な役割を果すように考えられる。

次にマンガンの本菌の生育に対する影響は，種々の絲状菌で認められるように，その生育の最適濃度の範囲は狭く，本実験結果では $^1/_{40,000}$～$^1/_{80,000}$ Mol で菌絲の発育促進が認められたに過ぎない，一方胞子の形成は比較的促進され，Mn は本菌の生殖生長に可なり影響するように思われる。モリブデンは本菌の栄養生長に著しく影響することが認められた。

STEINBERG (1936, 1937)[13) 14)] は *Aspergillus nigar* に於て菌体が培地の硝酸態窒素を利用するのにモリブデンが役立つことを示したが，本基本培養液には窒素源として硝酸加里を使用しているため，特に Mo が本菌の栄養生長を促進する結果を示したものと考えられる。菌絲の生長は $^1/_{20,000}$ Mol 以下の濃度で促進され，$^1/_{80,000}$～$^1/_{100,000}$ Mol の低濃度で最大生育量を示した。又胞子の形成は比較的菌絲発育の少ない $^1/_{4,000}$～$^1/_{10,000}$ Mol 濃度に認められた。

以上本菌の生育ならびに胞子形成に対する供試重金属塩類の影響を総括的に述べると，本菌々絲の栄養生長には鉄，モリブデンが関与し，又生殖生長には亜鉛，マンガンが影響することが明かである。又菌絲の生育に対する供試重金属塩類の最適濃度は鉄，亜鉛，及びマンガンでは $^1/_{60,000}$ Mol であり，モリブデンでは 1/[illegible] Mol であつた。

Ⅴ 摘　　要

1. 馬鈴薯疫病菌の純粋培養に於いて菌絲の生育並びに胞子形成に対する重金属塩類の影響をしらべた。

2. 鉄 ($FeCl_3$) は本菌々絲の生育を促進し，その最適濃度は $^1/_{60,000}$ Mol である。胞子形成に対する影響は比較的少ない。

3. 亜鉛 ($ZnSO_4$) は本菌の胞子形成を促進し，且つその形は大きい。菌絲生育の最適濃度は $^1/_{60,000}$ Mol である。

4. マンガン ($MnSO_4 \cdot 4H_2O$) は本菌の胞子形成を促進した。又菌絲生育の促進濃度の範囲は他金属に比し狹く $^1/_{40,000}$～$^1/_{80,000}$ Mol である。

5. モリブデン ($MoO_4Na_2 \cdot 2H_2O$) は本菌の生育を促進し，その最適濃度は $^1/_{80,000}$～$^1/_{100,000}$ Mol である。

Ⅵ 文　　献

1. BORTELS, H.: Arch. Mikrobiol., 1: 333～342.

1930.
2. FOSTER, J. W. and WAKSMAN, S. A. : Jour. Bact., 37 : 599～617, 1939.
3. LILLY, G. and BARNETT, L. : Physiology of the Fungi, 74～86, 1951.
4. NEWTON, W. and LOPATECHI, L. E. : Proc. Canad. Phytoph. Soc., 20 : 20, 1953.
5. ROBBINS, W. J. and HERVEY, A. : Bull. Torry Botan. Club, 71 : 258～266, 1944.
6. 酒井隆太郎：北・農・試・彙報，68，1954.
7. ——— ：日・植・病・報.，19：141～145，1954.
8. SAKAMURA, T. and YOSHIMURA, F. : Fac. Sci. Hokkaido. Imp. Univ. (Botany)., 2: 317, 1933.
9. SAKAMURA, T : Bot. Mag., 51 : 1937.
10. 坂村徹：生物学綜報，2輯：79～167，1949.
11. STEINBERG, R. A. : Amer. Jour. Botany, 6 : 330～372, 1919.
12. ——— : Jour. Agr. Res., 51 : 413, 1935.
13. ——— : Ditto. 52 : 439～448, 1936.
14. : Ditto. 55 : 891～902, 1937.
15. : Plant Physiol., 20 : 600～608, 1945.
16. TOCHINAI, Y. and NAKANO, T. : Jour. Fac. Agr., Hokkaido. Imp. Univ., 44 : 220～225, 1940.
17. YOSHIMURA, F. : Japan. Jour. Botany. 10 : 75, 1939.

Résumé

In the present experiments, the writer undertook to examine the effects of ferric chloride, zinc sulphate, manganese sulphate and molybdenum upon the mycelial development and sporulation of *Phytophthora infestans* in synthetic culture solution.

The constitution of the standard nutrient solution used in the experiments is as follows : potassium nitrate 2.0g., monopotassium phosphate 0.5g., dipotassium phosphate 0.5g., magnesium sulphate 0.5 g., calcium chloride 0.1g., glucose 30g., thiamine 200 γ and redistilled water 1000 cc. The cultures were kept in a thermostat at 19°C for 25 to 40 days.

The experimental results obtained may be summarized as follows:

1. The mycelial development of the fungus seems to be stimulated by these heavy metal salts in the culture solutions: but the optimum concentration of these salts in the nutrient solutions is low.

2. The mycelial development of the fungus is good in the nutrient solutions containing iron and molybdenum salt in concentration of $^1/_{60,000}$ mol ferric chloride or $^1/_{100,000}$ mol molybdenum, but these two salts have only a slight effect on the sporulation of fungus.

3. Zinc sulphate and manganese sulphate in the culture solutions has a slight effect on the rate of mycelial growth, and the optimum concentration of these salts in the culture solution for growth of fungus is $^1/_{60,000}$ mol.

On the other hand, the sporulation of fungus seems to be increased by zinc and manganese in the nutrient solutions.

北海道に発生する二つの萎黄病型バイラス病について

大島信行* 後藤忠則*

THE TWO DISEASES OF YELLOWS-TYPE NATURALLY OCCURRING IN HOKKAIDO

By Nobuyuki OSHIMA and Tadanori GOTO

緒　　　言

北海道早来村農林省胆振馬鈴薯原々種農場に於て1950年馬鈴薯天狗巣病が多発し（田中等,1953），同年これが調査を行つた際，著者の1人が採取した萎黄病に罹病して叢生したコスモスに対し，北海道大学福士貞吉教授はこれがエゾギクの萎黄病であることを示唆した。その後，馬鈴薯天狗巣病に関して北海道大学農学部植物病理学教室，胆振馬鈴薯原々種農場及び本場病理昆虫部の共同研究が進められ，既に馬鈴薯天狗巣病はクロバーやナンテンハギの天狗巣病と同一病原バイラスで起りその媒介昆虫はキマダラヒロヨコバイ *Ophiola flavopicta* (ISHIHARA) であること及びこの病害がエゾギクに伝染することが明らかにされた（福士等 1954, 1955a, c)，又一方に於て，福士等（1953）により札幌近郊に発生するエゾギク萎黄病もこのキマダラヒロヨコバイにより伝播され，これがトマト及び馬鈴薯に伝染することが明らかにされた。その後，福士等（1955 b）はこのヨコバイにより，エゾギク萎黄病が馬鈴薯に伝染することを更に確認すると同時に，馬鈴薯天狗巣病がヒメジヨオンに伝染することを明らかにした。更に早来地方に発生した萎黄病に罹病したエゾギク上に飼育した該ヨコバイが赤クロバー上に天狗巣病を発生せしめたと報告した。又田中等（1955）は馬鈴薯天狗巣病がカウゾリナ等の菊科植物に伝染することを報告した。

たまたま早来地方の馬鈴薯天狗巣病発生地に栽培されているトマトに二つの型の萎黄病が発生していることが判り，1954～1955年にこれ等及びその他の萎黄病に罹つた植物からエゾギク萎黄病と思われるバイラスと馬鈴薯天狗巣病バイラスが分離されるに至つたので，その結果についてここに報告する。この報告は前記3者の共同研究の一環であつて，実験はなお続行中である。この実験は既に講演によつて発表した（大島，1955；大島等 1955)。

* 病理昆虫部病害第1研究室

野外に発生した萎黄病植物の病徴

早来地方に自生している採種源植物として使用した植物の病徴を記すれば次の如くである。

トマト *Lycopersicum esculentum* MILL.

この植物には明らかに二つの病徴の型が区別される。今これを仮にW型とA型として記述する。

W型：植物全体が淡緑黄化し萎縮する。黄化は葉縁で殊に著しい。葉面は狭小となり中肋は顕著に下方にアーチ状に彎曲し，葉縁や葉柄に紫色を帯びることもある。葉腋から多数の腋芽が盛んに伸長する。果実は数多く小形である（第1図参照)。

A型：罹病植物は萎縮すること少なく全身的な著しい黄化は認められない。発病初期には嫩葉が褪色し尖端の葉は細くなり直立し葉裏は紫色を帯びる。病葉はその葉腋や小葉の腋部に褪緑した紫色を帯びた畸形の芽葉を生じ，これらの茎は往々気中である。秋季老葉は次第に枯れてその腋枝の頂に鮮黄緑色の萎縮葉をむらがり生ずる。これは葉身が著しく狭小となり葉縁波状を呈し節間が短縮すると同時に，このような枝の葉腋から更に同様の葉を生ずるために出来たものである。茎には気根の発出が著しい（第2，3，4及び5図参照)。

ヒメジョオン *Erigeron annuus* PERS.

初期病徴は頂葉の褪緑黄化と葉脈透明で，次第に褪緑が全身に拡り萎縮する。病勢進行すれば著しく節間つまり葉が重なり生ずるようになり多数の茎を抽出して叢生する。花梗は極めて細く甚しく伸長する。花は小形なるも明らかな畸型を生じない（第6図参照）。

カウゾリナ *Picris hieracioides* L. var. *japonica* REGEL.

初期病徴は頂葉の褪緑と葉脈透明であつて病勢進行すれば甚しく萎縮叢生し褪緑が顕著となり多数の細長い花梗に花を着ける（第7図参照）。花は小形なるも明らかな畸型を生じない。

タンポポ *Taraxacum platycarps* DAHLST.

萎縮と顕著な褪緑叢生を示す。褪緑葉は細く鋸歯が浅いか又は著しいものは全体が帯状に近くなる（第8及び9図参照）。

接木接種試験

實驗材料及び方法

早来地方で病徴を生じたトマトの枝を株別に多数採取し来り，これを接穂とし，草丈10～20 cmの健全トマト（品種：「マーグローブ」），10～15cmの馬鈴薯（「馬鈴薯農林1号 及びその実生」）及び *Nicotiana rustica* L. を台木として割接法により接木した。

1954年の実験に使用した罹病トマトは9月15～18日に採集した。これ等はA型とW型がよく区別されたが，1955年に使用したトマト枝は8月17日採集したもので，未だこの区別が明らかではなかつた。即ち多くのものが上部葉が褪緑黄化し葉片が少しく下方に捲いているに過ぎず，唯あるものでは茎や中肋がよく伸長していたが他のものでは頂葉片や中肋が顕著に伸長を阻害されていた。然しこれ等から二つの型を区別することは困難で

第1表　萎黄病罹病トマトからの接木接種試験（1954年）

Table 1 Results of inoculation by grafts from tomatoes naturally infected with yellows to tomatoes and potatoes in 1954.

接種年月日	接種源 番号	接種源 植物名	接種源 病徴	接種植物 トマト（マーグローブ） 病徴	数	感染数	接種植物 馬鈴薯（馬鈴薯農林1号の実生） 病徴	数	感染数
1954 IX—16	1	トマト	黄化・萎縮・叢生（W型）	黄化・萎縮・叢生（W型）	4	3	萎縮・叢生（子薯発芽時）	4	2
〃	2	〃	〃	〃	1	1	なし	1	0
〃	3	〃	〃	なし	1	0	〃	1	0
〃	4	〃	褪緑（A型）	〃	2	0	〃	4	0
〃	5	〃	〃	褪緑・萎縮（A型）	3	1	〃	2	0
IX—19	6	〃	〃	〃	1	1	〃	1	0
IX—16	7	〃	〃	なし	1	0	〃	1	0

第2表　萎黄病罹病トマトからの接木接種試験（1955年）

Table 2 Results of inoculation by grafts from tomatoes naturally infected with yellows to tomatoes and *N. rustica* L. in 1955.

接種年月日	接種源 番号	接種源 植物名	接種源 病徴	トマト（マーグローブ） 病徴	数	感染数	*Nicotiana rustica* L. 病徴	数	感染数	馬鈴薯農林1号 病徴	数	感染数
1955 VIII—18	1	トマト	褪緑・黄化・頂葉萎縮	褪緑・萎縮（A型）	1	1	—	—	—	—	—	—
〃	2	〃	〃	—	—	—	褪緑・叢生	1	1	—	—	—
〃	3	〃	褪緑・黄化	—	—	—	〃	1	1	—	—	—
〃	8	〃	褪緑・黄化・頂葉萎縮	褪緑・萎縮（A型）	1	1	—	—	—	—	—	—
〃	10	〃	褪緑・黄化	—	—	[illegible]	[illegible]	1	0	—	—	—
〃	12	〃	〃	褪緑・萎縮（A型）	1	1	—	—	—	—	—	—
〃	13	〃	〃	〃	1	1	—	—	—	なし	1	0
〃	14	〃	褪緑・黄化・頂葉萎縮	〃	1	1	—	—	—	—	—	—
〃	15	〃	褪緑・黄化	—	—	—	—	—	—	なし	2	0

註　接木後18日前に接穂が枯死し発病しなかつたものは接木が失敗したもの[illegible]省略[illegible]。

あつた。

実験結果

以上の方法で実験した結果を表示すれば第1, 2表の通りである。1954年の実験で5番の接種源から接木したトマトでは約1箇月後嫩葉が全体に褪緑して葉面が波状を呈するようになり，その後褪緑は次第に全身に拡がり葉は紫色を帯び，若葉は直立するようになり老葉は上方に捲上つた。同時に頂葉の萎縮は顕著となり植物全体もひどく萎縮した。この場合萎縮は圃場の罹病植物より著しく現われたがこれは罹病時期や環境が相異するためと思われた。然し頂葉の萎縮の状態は圃場で発病したものが末期に側枝に示すのと同一の病徴を呈した。6番の接種源から接木したトマトでは約3箇月後に嫩葉が褪緑を初め，葉脈透明を現わしたが，次第に褪緑が著しくなり紫色を帯びるようになり少しく萎縮した。この植物もその褪緑等の状況から判断してA型に属するものと推定された。これに反し，W型の萎黄病に罹つたトマトから接木したトマトは約2〜3箇月後に発病し最初嫩葉が褪緑したが褪緑が全身的になると共に細い枝を葉腋より抽出して叢生し茎葉萎縮した。これらの植物の病徴は比較のために天狗巣病罹病馬鈴薯から接木したものと同様の病徴を示した。以上の結果から2型の萎黄病罹病トマトからトマトに接木接種した場合，それぞれ接種源と同様の病徴を現わし，病徴が一時的なものでなくその病原バイラスが異つていたことが判る。

又A型とW型は同様の条件で接木したものであるが，A型は7株中2株（28.6％），W型では6株中4株（66.7％）発病した。従つてA型はW型に比較すると接木による感染が困難であるように思われるがこれはA型に罹病した植物の台木に対する活着が悪いためかも知れない。

次に「馬鈴薯農林1号」の実生に接種した場合を見るに1番の接種源から接いだ4株中，2株の子薯から早期に発芽して生じた植物が発病し，典型的な天狗巣病の病徴を示した。これらは比較の為に天狗巣病罹病馬鈴薯の枝を接木したものと同様の病徴であつた。これら発病植物以外のものは1955年5月まで観察したが何等の病徴も現わさなたかつた。馬鈴薯の接木試験は接穂の活着が悪かつたため僅かしか感染が起らなかつたものと思われる。又馬鈴薯，トマト共に普通の状態で接木した植物が発病する約1箇月後が丁度10月の低温期に当つたため，発病したものもその時期が遅れたものと思われる。

1955年15株分の罹病トマトの枝を馬鈴薯「馬鈴薯農林1号」10株，トマト「マーグローブ」11株及び *Nicotiana rustica* L. 12株に接木したが多くのものが接穂の活着悪く馬鈴薯では接木して18日後には7株の接穂が枯死し，この時トマトで7株，*N. rustica* で9株の接穂が枯死した。接種後2箇月の間にトマト5株と *N. rustica* 2株が発病したが，これらはトマトの1例を除き総て18日以後まで接穂が活着していたものである。この間馬鈴薯の接穂は1株は1箇月以上活着していたが発病を見なかつた。

トマトは接木後18〜40日で発病し，何れも嫩葉が褪緑黄化して軽い葉脈透明を現わすがこれらの葉片は下方に捲く。頂葉は時々直立する傾向を現わす。後に生ずる葉は褪緑が増々著しく次第に萎縮がひどくなり葉面は波状を呈し，頂部の節間は著しく短縮する（第10図参照）。多くの老葉の葉腋にも同様の茎葉を生じ，茎は対照植物に比して著しく気根を発出し直立する傾向を現わす。その後枝の尖端には褪緑萎縮した葉をむらがり生ずるに至る。接種源植物の頂葉が萎縮したものとしないものを接木されたトマトの間には病徴の区別がなく発病の時期が異つた為に生じた現象ではないかと思われた。

N. rustica に於ては接木して18日目頃から茎葉が少しく黄化を始めたが，その後褪緑した腋芽を次第に叢生した（第11図参照）。

虫媒伝染試験

實驗材料及び方法

野外より採集したキマダラヒロヨコバイ *Ophiola flavopicta* (ISHIHARA) を10頭宛を1群として最初10日間エゾギク又はヒメジヨオンに飼育し，その保毒の有無を検し，その後20日間接種源植物につけ，次いで5日間宛健全馬鈴薯に順次飼育し，虫が大部分斃死するまで続けた。使用虫は保毒検定から接種を始めるまでに2〜8頭に減じた。

接種源植物としては早来地方に発生した前記萎黄病の病徴を生じたヒメジヨオン，タンポポ及び

カウゾリナを鉢に移植して使用した。

保毒検定用エゾギク又はヒメジョオンは草丈6 cm 前後のものを用いた。エゾギクは勿論，ヒメジョオンもエゾギクの萎黄病に感染する（KUNKEL, 1926）。従つて若し使用虫がエゾギク萎黄病のバイラスを保毒しておれば，これらに飼育することによつてその保毒の有無が分る。

接種植物としては10cm内外の「馬鈴薯農林1号」或はその実生を使用した。供試植物は総て1株宛鉢植えとし，保毒検定，バイラス吸収及び接種試験はこれら植物にかぶせた一端をガーゼで覆つた 9×15 cm のガラス管中で行つた。虫の取扱いは総て吸虫管によつた。実験は総てガラス室内で行い，実験中の気温は 13.0～26.1°C，観察期間は何れも2箇月以上であつた。

實驗結果

接種植物はカウゾリナから接種したもの4株中2株（実生及び塊莖から生じた植物各1株宛），ヒメジョオンから行つたもの16株中5株（塊莖から生じた植物のみ）発病した。最初嫩葉の周縁が接種約26～43日後少しく褪緑し，更に12～13日後これらの葉縁から葉裏にかけて赤紫色を帯びるようになり，褪緑が増すと共に葉は上方に捲き始める。葉腋から約1箇月後褪緑した枝を抽出し，莖に沿い伸長し，最初これら腋枝の莖葉は主莖やその若葉と共に直立し，これと共に老葉の葉柄は下方に曲る（第12図参照）。その後，これらの腋枝の基部や葉柄の附着部は赤褐色となり，次第に膨らんで来るが，その他にも多くの気中塊莖を生ずる（第14図参照）。罹病植物は甚しく萎縮し，ために節間短縮し頂部葉の萎縮は殊に著しい。病勢が更に進行すれば褪緑が益々ひどくなり，葉は褐色の斑点を生じて総て上方に捲き少しく萎凋し，その後褐色の斑点は次第にひろがり連結して早期に褐色になつて枯死する（第13図参照）。馬鈴薯の実生に接種したものでは各株の葉柄がひどく下方に彎曲した（第15図参照）。かかる発病馬鈴薯からトマトに接木接種した処前記A型の病徴を生じた。タンポポから接種した植物には発病を見なかつたがこれらについては更に実験が必要と思われる。保毒検定植物には発病したものがなかつた。以上の結果を総合表示すれば第3表のとおりである。

論　　議

早来地方に於てトマトに二つの型の萎黄病が発生している。この一つ（W型）は馬鈴薯の天狗巣病をトマトに接種した場合に生ずる病徴と同じであり，罹病植物から馬鈴薯に接木すると天狗巣病を発生する。従つてこのものは馬鈴薯天狗巣病バイラスによるものと思われる。現地で馬鈴薯天狗巣病はナンテンハギやクロバーに天狗巣病を起している。

他の一つ（A型）は多くの点でエゾギクの萎黄病に罹つたトマトに類似している。KUNKEL (1931) の論文に掲載されたエゾギク萎黄病を接種したトマトの写真（Fig. 49 及び 50）は我々の第3，4及び5図と全く同じ病徴を現わしている。これらの図の如く罹病植物は小葉の葉腋に葉や枝を生ずる特徴があるが，このような病徴はこの病害の発生地には普通に見られるものである。又秋季老葉が枯死して第4図にあるような病徴を現わしたトマトの腋枝も普通に見られる。以上の点からこの病害が恐らくエゾギクの萎黄病であり，この

第3表　キマダラヒロヨコバイ *Ophiola flavopicta* (ISHIHARA) による萎黄病菊科植物から馬鈴薯に対する接種試験

Table 3　Results of inoculation by means of leafhopper, *Ophiola flavopicta* (ISHIHARA) from Chrysanthemum plants naturally infected with yellows to potatoes.

保毒検定				バイラス吸収		接種年月日 1955 VII 15		VII 20		VII 25		VII 30		VIII 4	
供試植物名	加害期間	発病数/供試数	検定虫数	給源植物名	吸収期間	虫数	発病数/供試数	虫数	発病数/供試数	虫数	発病数/供試数	虫数	発病数/供試数	虫数	発病数/供試数
エゾギク	日 10	0/2	株当 10	カウゾリナ	日 20	2	0/1	1	1/1	1	1/1	1	0/1	—	—
ヒメジョオン	〃	〃	〃	タンポポ	〃	6～8	0/2	4～5	0/2	4	0/2	4	0/2	1	0/1
〃	〃	0/5	〃	ヒメジョオン	〃	5～8	2/5	1～8	1/4	1～8	[illegible]/4	1～3	0/3	—	—

地方には多くのトマトにこのバイラスが伝染していることが推量される。福士・根本 (1953) によれば北海道に於てエゾギク萎黄病の媒介昆虫はキマダラヒロヨコバイであるが, 早来地方にはこの昆虫が多数発生している。この昆虫によつて馬鈴薯天狗巣病も媒介されることは緒言に於て述べたところである。

又 1955 年の実験でヒメジョオンやカウゾリナから馬鈴薯に伝染したバイラスの病徴は SEVERIN & HAASIS (1934) がカリホルニヤ系統のエゾギク萎黄病バイラスを馬鈴薯に伝染せしめて生じた病徴と類似点多く, SELF (1953) によつて報告された "Purple top disease" (エゾギク萎黄病バイラス) と病徴の記載がよく一致する。即ち我々が観察した病徴と SELF の記載とに於ける馬鈴薯上の病徴の共通点をあげると, 初期に若葉が直立する傾向, 捲葉, 葉に於ける赤紫色の着色, 褪緑, 気中塊茎, 節間の短縮, 萎凋及び早期の枯死等である。SEVERIN 等は罹病馬鈴薯の葉柄が下方に彎曲すると述べたが我々の実験に於てもこの現象が見られ殊に実生に接種したものはこの傾向が顕著であつた (第 15 図参照)。このような病徴を示す馬鈴薯からトマトに接木した処, A型の病徴を生じた。以上の点から馬鈴薯に伝染した病害はエゾギクの萎黄病と推定された。従つて接種源として使用したヒメジョオン等はエゾギク萎黄病に罹病していたものと思われる。なお 1955 年に罹病トマトから接木して発病した *N. rustica* の病徴は KUNKEL (1931) や SELF (1953) のエゾギク萎黄病に感染した植物の写真と類似している。

以上の点から早来地方に於てはエゾギクの萎黄病バイラスは馬鈴薯天狗巣病のバイラスと共に同一媒介昆虫により野草から栽培植物に伝播され同時に発生しているものと思われる。そうして緒言に述べた如く馬鈴薯天狗巣病がエゾギク, ヒメジョオン及びカウゾリナに伝染することが報告され又, 福士等 (1955) は早来地方で萎黄病に罹病したエゾギクからクロバー天狗巣病即ち馬鈴薯天狗巣病のバイラスを分離したと云うから, これらの植物にもトマトに於ける如く二つの型の萎黄病が発生していることが想像される。因に実験的に発病した馬鈴薯天狗巣病罹病エゾギクは所謂エゾギク萎黄病と異り著しく叢生することがない。これらの点については目下実験が進められている。

エゾギク萎黄病バイラスのうち, KUNKEL の報告したニューヨーク系統は馬鈴薯に伝染しないが SEVERIN のカリホルニヤ系統は馬鈴薯に伝染する (KUNKEL, 1931 ; SEVERIN & HAASIS, 1934)。SELF (1953) によれば Aster yellows virus は北アメリカに於ては古くから馬鈴薯の病害を生じていたようであるが, 本邦では未だ圃場の馬鈴薯に於ける発生を証明した例はないようである。ただ福士(1930)が日本に於けるエゾギク萎黄病の病徴を記載し, 1943 年にはタンポポ及びヒメジョオン等が萎黄病に罹つていることを報じ, 更にその後, 福士等 (1953, 1955 b) はエゾギクの萎黄病が馬鈴薯とトマトに伝染することを報告している。ここに報告したバイラスが馬鈴薯に伝染する点を考えればカリホルニヤの系統に近いようであるが, この点は更に詳しい研究が必要であろう。又我々の実験によればこの病害は馬鈴薯に比較的よく伝染するから馬鈴薯の栽培上からも注意すべき病害と思われる。

摘 要

本報文は種子用馬鈴薯の栽培地帯に発生した二つの型の萎黄病について報告したものである。

この二つは発生地に於てトマト上でよく区別され, 一つは馬鈴薯天狗巣病バイラスによるものであり, 他はエゾギク萎黄病に感染したトマトの病徴に類似点が多い。これらの枝を採集してトマトに接木するとそれぞれ特有の病徴を生ずる。

同じ地方に発生した萎黄病罹病ヒメジョオン, カウゾリナ及びタンポポから馬鈴薯にキマダヒロヨコバイ *Ophiola flavopicta* (ISHIHARA) を用いて接種試験を行つたところ, ヒメジョオンとカウゾリナから接種したものに米国に於て馬鈴薯に発生しているエゾギク萎黄病バイラスと類似した病徴を生じた。接種後の潜伏期間は 26〜43 日, 主な病徴は発病初期に於ける頂葉の褪緑と若葉の直立, 捲葉, 葉裏の赤紫色の着色, 気中塊茎, 萎縮, 萎凋及び早期の枯死等である。罹病馬鈴薯からトマトに接木接種したところ, エゾギク萎黄病によると同様の病徴を生じた。

以上の実験結果から二つのトマト萎黄病の病原バイラスは馬鈴薯天狗巣病バイラスとエゾギク萎黄病のバイラスと推定された。

このエゾギク萎黄病のバイラスは馬鈴薯に病原性高く，馬鈴薯栽培地帯の野草に保有されている関係上その発生を注意する必要がある。

引用文献

福士貞吉 1930：日本におけるエゾギクの萎黄病. 農業及園芸, 5：577〜584.

——— 1933：邦産作物のヴアイラス病の種類に就て. 病虫害雑誌, 20：1〜2 号別刷.

———・根本正康 1953：翠菊萎黄病の媒介昆虫. Virus, 3 (3)：208（講演要旨).

———・四方英四郎・関山英吉・大島信行 1954：馬鈴薯天狗巣病の媒介昆虫（予報). 日・植・病・報., 18 (3〜4)：148〜149（講演要旨).

———・———・塩田弘行・関山英吉・田中一郎・大島信行・西尾美明 1955 a：馬鈴薯天狗巣病の虫媒伝染に関する研究. 北海道大学農学部邦文紀要, 2 (3)：52〜61.

———・菅野知也 1955 b：馬鈴薯天狗巣病の接種試験について（1955 年度日本植物病理学会北海道支部例会講演).

FUKUSHI, T., E. SHIKATA, H. SHIODA, E. SEKIYAMA, I. TANAKA, N. OSHIMA, and Y. NISHIO 1955 c：Insect transmission of potato witches' broom in Japan. Proc. Japan Acad, 31 (4)：234〜236.

KUNKEL, L. O. 1926：Studies on aster yellows. Contrib. Boyce Thompson Inst., 1：181〜240.

——— 1931：Studies on aster yellows in some new host plants. Contrib. Boyce Thompson Inst., 3：85〜123.

大島信行 1955：トマトに発生する二萎黄病型病害について. 北日本病害虫研究会年報, 6：74〜75.

———・後藤忠則 1955：北海道に発生する二つの萎黄病型バイラス病について（1955 年度日本植物病理学会北海道支部例会講演).

SEVERIN, H. H. P. and F. A. HAASIS 1934：Transmission of California aster yellows to potato by *Cicadula divisa*. Hilgardia., 8：329〜335.

SELF, R. L. 1953：Purple-top disease of the potato in Wisconsin. Wis. Agr. Expt. Sta., Res. Bul., 184.

田中一郎・成田武四・大島信行・後藤忠則 1953：馬鈴薯天狗巣病とその寄主範囲について. 北海道農.試.彙報., 第 64 号, 100〜112.

———・大島信行・後藤忠則 1955：馬鈴薯天狗巣病の寄主範囲に関する研究（主として菊科植物に対する接種試験)（1955 年度日本植物病理学会北海道支部例会講演).

Résumé

In this paper the authors described the two diseases of yellows-type which have naturally occurred in the seed potato growing area of Hayakita Village, Hokkaido. In the field, the symptoms of the two diseases on tomato are as follows:

W-type: the affected plant is pale green and stunted. The petioles curve downward and the leaflets are dwarfed and narrow. The petioles and the leaf margins are frequently purple. Such a plant produces many pale green secondary shoots and small fruits (Fig. 1).

A-type: the affected plant is not so severely stunted; there is a stimulus to the abnormal development of discoloured leafy buds or branches in the axils of leaves as well as in the axils of leaflets (Figs. 2 and 3). Late in the growing season the tops of the branches produce a mass of small chlorotic leaves (Figs. 4 and 5).

In 1954 tomatoes and potatoes were grafted with the shoots of tomatoes naturally infected with these diseases; to the grafted tomatoes were transmitted the diseases of the original type. The potatoes grafted with the shoots of the tomatoes infected with the W-type disease produced the typical symptoms of potato witches' broom in plants from the tubers, but no symptoms appeared on the potatoes grafted with the shoots of the tomatoes showing the A-type symptom. Grafting of the shoots infected with the A-type disease may have failed in the case of the potatoes.

In 1955 *Nicotiana rustica* L. and tomatoes were grafted again with tomatoes naturally infected with the disease of yellows-type when the two types of the disease were not distinctly differentiated. All tomatoes infected by

grafting showed the A-type symptoms (Fig. 10). *N. rustica* showed chlorosis and produced many slender shoots in the leaf axils (Fig. 11).

The A-type symptoms which appeared on tomato naturally or experimentally and the symptoms of *N. rustica* bore remarkable resemblance to the symptoms of aster yellows on them which had been described by KUNKEL (1931) and SELF (1953).

In Hayakita Village the disease of yellows-type occurred on *Taraxacum platycarps* DAHLST., *Erigeron annuus* PERS. and *Picris hieracioides* L. var. *japonica* REGEL. (Figs. 6, 7, 8 and 9). The transmission of the yellows to potatoes by means of previously non-infective leafhoppers, *Ophiola flavopicta* (ISHIHARA) which are the insect vectors in Hokkaido of aster yellows and potato witches' broom was attempted from these chrysanthemum plants. The leafhoppers fed on diseased *E. annuus* and *P. hieracioides* L. var. *japonica* transmitted the disease to the potatoes. Marginal chlorosis on top leaves appeared from 26 to 43 days after the infective leafhoppers had been transferred to the potatoes. From 12 to 13 days later, these leaves showed light purple pigmentation and the plants became more discoloured. The leaf axils produced slender chlorotic shoots along the main stem ; their young leaves become upright in the beginning and the old petioles curved downward. The base of the petioles and the secondary shoots enlarged and coloured red brown. The same coloured aerial tubers with small leaflets were formed in the leaf axils. Affected plants became severely stunted having short internodes. All leaflets later rolled upward. Such a plant wilted slightly and died early (Figs. 12～14). These symptoms were like those of aster yellows on potato which had been described by SEVERIN and HAASIS (1943) and SELF (1953)

Tomatoes grafted from infected potatoes showed the A-type symptoms.

In an affected potato seedling the petioles curved severely downward (Fig. 15).

From the above described results the authors considered that potato witches' broom and aster yellows were simultaneously occurring on tomato and wild perennial plants which were growing in Hayakita Village. It is not reported that aster yellows occurs on field potatoes in Hokkaido, but it is possible for the disease to outbreak on them. In Hayakita Village many potatoes are cultivated and the insect vector of aster yellows, *Ophiola flavopicta* (ISHIHARA) is very abundant.

第 1 図 W型萎黄病に自然感染したトマト

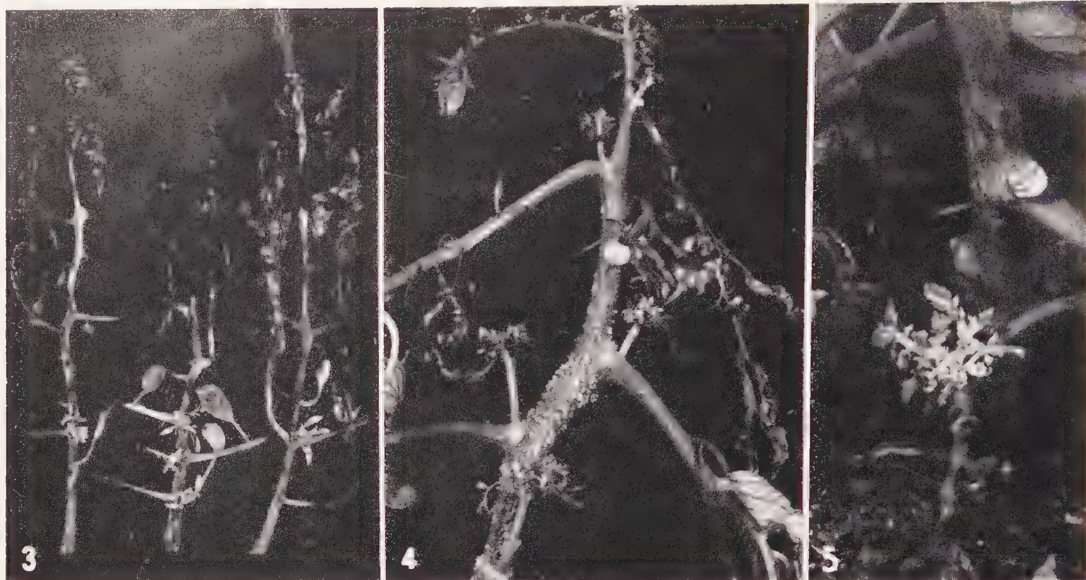
Fig. 1 Tomato naturally infected with W-type disease of yellows.





第 2 図 A型萎黄病に自然感染したトマト

Fig. 2 Tomato naturally infected with A-type disease of yellows.







第 3 図 A型萎黄病に自然感染したトマト（小葉々腋に生じた葉の茂つた芽に注意）

Fig. 3 Tomato leaves naturally infected with A-type disease of yellows. Note leafy buds on axils of leaflets.

第 4 図 同 上 （枝の頂部の葉の塊に注意）

Fig. 4 Tomato naturally infected with A-type disease of yellows. Note mass of leaves on tops of branches.

第 5 図 同 上 基部に生じた枝の萎縮した葉

Fig. 5 Dwarfed leaves of branch at base of tomato naturally infected with A-type disease of yellows.

第 6 図 萎黄病に自然感染したヒメジョオン 右側：健全植物

Fig. 6 *Erigeron annuus* PERS. naturally infected with yellows. Right, healthy plant.

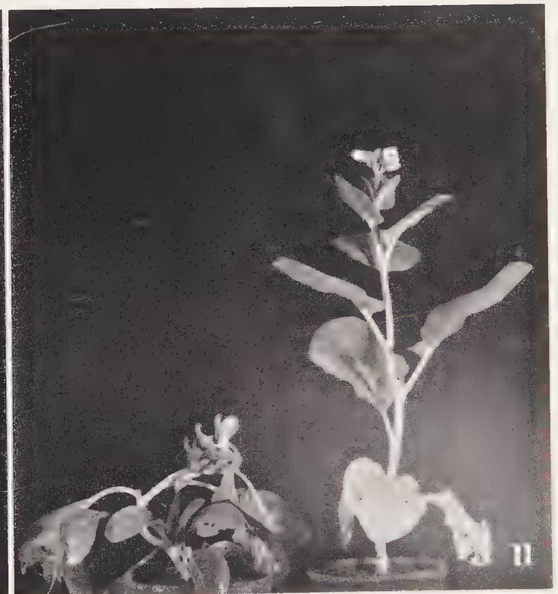
第 7 図 同 上 カウゾリナ 左側：健全植物

Fig. 7 *Picris hieracioides* L. var. *japonica* REGEL. naturally infected with yellows. Left, healthy plant.









第 8 図 萎黄病に自然感染したタンポポの葉 右端：健全葉

Fig. 8 Leaves of *Taraxacum platycarps* DAHLST. naturally infected with yellows. Right end, healthy leaf.

第 9 図 同 上 タンポポ 右側：健全植物

Fig. 9 *Taraxacum platycarps* DAHLST. naturally infected with yellows. Right, healthy plant.

第 10 図 萎黄病に罹つたトマトの枝を接木して発病したトマト

Fig. 10 Tomato infected by grafting of tomato shoot affected with yellows.

第 11 図 同 上 *Nicotiana rustica* L. 右側：健全植物

Fig. 11 *Nicotiana rustica* L. infected by grafting of tomato shoot affected with yellows. Right, healthy.






第 12 図 キマダラヒロヨコバイ *Ophiola flarvo-picta* (ISHIHARA) によりヒメジョオンから萎黄病を伝染された馬鈴薯（直立褪緑した若枝に注意）右側：健全植物

Fig. 12 Potato infected with yellows by means of leafhopper, *Ophiola flavopicta* (ISHIHARA) from *Erigeron annuus* PERS. naturally infected with yellows. Note upright chlorotic shoots. Right healthy plant.

第 13 図 萎黄病に罹つた馬鈴薯 左：枯死植物，中央：壊疽が出来て捲上つた葉のある罹病植物，右：健全植物

Fig. 13 Potatoes affected with yellows. Left, dead plant; middle, diseased plant which has rolled leaves with necrotic blotches; right, healthy plant.

第 14 図 同　上（葉腋の気中塊茎に注意）

Fig. 14 Potato infected with yellows. Note aerial tubers produced in leaf axils.

第 15 図 彎曲した葉柄をもつ萎黄病罹病馬鈴薯実生

Fig. 15 Potato seedling having curved petioles affected with yellows.

大豆萎黄病抵抗性に関する研究

I. 「第1稗貫」と「南郡竹館」の耐病性†

一戸　稔*　浅井三男*

STUDIES ON THE RESISTANCE OF SOY BEAN PLANTS TO THE NEMATODE, *HETERODERA GLYCINES* I. VARIETIES, 'DAIICHI-HIENUKI' AND 'NANGUN-TAKEDATE'

By Minoru ICHINOHE and Kazuo ASAI

1. 緒　　言

大豆萎黄病抵抗性品種の育成が数年前から北海道立農業試験場十勝支場で始められている。これまでの試験成績[12]の範囲では，大豆品種の間で大豆萎黄病による被害の程度が異なることは一応認められるが，強い抵抗性を有する品種は極めて稀である。萎黄病に強いといわれる品種は，これまで百数十種類に及んだ北海道産，満洲産，アメリカ産の供試品種中に見当らず，現在のところわずかに青森県又は秋田県産の「第1稗貫」,「南郡竹館」,「黒莢三本木」の3品種だけである。しかしこれらは，いずれもその原栽培地においてさえ成熟期が10月下旬以後で，北海道で栽培すれば例年殆ど登熟に至らない。

大豆品種の抵抗性についてはこれまでくわしい研究がなかつたが，「第1稗貫」,「南郡竹館」にも萎黄病に弱い他の品種と同様に多数の雌成虫が根に寄生することが知られている。[13,p.42] 筆者らは大豆品種の萎黄病抵抗性に関与する諸要因を明らかにし抵抗性品種育成に資する目的でこの研究を開始した。ここには1955年北海道農業試験場内で実施した試験及び調査について報告する。

本文に入るに先立ち，御指導を賜つた病理昆虫部長田中一郎技官，同有害動物研究室長武笠耕三技官，また大豆の栽培に関し種々御教示を戴いた作物第3研究室長尾崎薫技官，同研究室新田一彦技官，同齋藤正隆技官に対し厚くお礼申上げる。

† 本報告の1部は昭和30年北農会主催研究発表会（北農研究抄報，第2号p.51）に発表した。

* 病理昆虫部有害動物研究室

2. 植物の線虫抵抗性に関する従来の研究

大豆線虫以外の線虫に対しその寄主植物の抵抗性が如何に発現するかを検討することは，大豆線虫について研究を進める上にも必要と考えられる。以下に植物の抵抗性を，線虫の生態的な面及び植物の細胞学的な面から取扱つた研究と抵抗性の遺伝に関連した研究の2つに分けて記述する。

BARRONS[2] の根瘤線虫の寄生に関する報告は，この問題を取扱つた最初の重要な業績で，多くの研究者によつて引用されている。この報告には2つの重要なことが含まれると思われる。即ち根瘤線虫の幼虫が根に侵入する度合は，その寄主植物，非寄主植物を問わず，また寄主植物の罹病性，抵抗性の如何を問わずすべて同一であるということ，及び"線虫の口からの分泌物に反応して根に巨大細胞が生成されるのを植物体が自体の合成物で線虫の分泌物を中和すること"を以て植物の根瘤線虫に対する抵抗性の根源とした考えである。このうち前の説は，その後 CHRISTIE[4,p.105] がアルファルファと lantana（シチヘンゲ属植物）を用いて，アルファルファには多数の根瘤線虫の幼虫の侵入を認めたにもかかわらず lantana には幼虫が殆ど侵入しないことをあげ，また DONCASTER[6] も *Heterodera* 属の1種についてこれと殆ど同様なことを認めているので，植物の抵抗性を幼虫寄生数の多少によらず常に線虫の侵入後の問題とした BARRONS の考え方は必ずしも当らない

が，線虫の寄生々態上重要な問題を提起した。DROPKIN[7] も，根瘤線虫 *Meloidogyne incognita acrita* に対して共に罹病性であるトマトと胡瓜を用い，幼虫の侵入の割合（感染率）が両植物において明らかに異なることを報告している。

一方，根瘤線虫が根に侵入したのちの寄主植物との関係については，線虫からの刺戟物に対する植物側の“反応”として巨大細胞が生成されるのが普通で，この場合抵抗性を有する植物では巨大細胞が生成されないかまたは壊疽を生ずることが報告されている。CHRISTIE[4] は，根瘤線虫に対して抵抗性の大きい植物では，侵入した幼虫の周囲を著しく空胞化した厚膜の細胞が囲み，そのため幼虫は栄養を摂取することが出来ないで餓死する場合をあげ，また抵抗性植物では根の幼虫の侵入部位に多くの壊疽がみられることがあつて，このために線虫が寄生後の発育をなし得ない場合があろうと報告している。溝上[17] も，甘藷の根瘤線虫に対する抵抗性は線虫の侵入後に巨大細胞が生成されるか否かと密接な関係があり，抵抗性品種では侵入した線虫の周辺の細胞が中毒黄変して巨大細胞が生成されず，また生成された場合でも巨大細胞が早期に壊死し，線虫も死滅することを確かめている。渋谷[19] も同様に甘藷の根瘤線虫に対する抵抗性について，根瘤線虫の幼虫が甘藷の抵抗性及び罹病性のいずれの品種に対しても同程度に侵入することを明らかにし，また抵抗性品種が根に侵入した幼虫を発育させない原因を，根の形態的要因よりも化学的乃至生理的要因によるものと考えた。即ち抵抗性品種では常に巨大細胞が生成されないがその原因は，抵抗性品種の蛋白質が血清学的に罹病性品種にみられない多くの特異性を持つていると考えられることから，抵抗性及び罹病性品種の蛋白質を免疫化学的方法で比較した場合に明らかにされるであろうと報告している。

CRITTENDEN[5] は大豆の根瘤線虫（*M. incognita acrita*）に対する抵抗性について，大豆品種の次の形態上及び生理上の特徴が抵抗性と関係あると報告している。即ち（a）根が土壌中に深く真直ぐに伸び，側根が出来るだけ少ないこと（b）根が早く木質化すること（c）加里含量の低い土壌中でもよく生育し収量をあげ得ること（d）子実の脂肪含量の低い品種。

甘藷ねぐされ線虫（*Pratylenchus pratensis*）に対する甘藷の抵抗性は，高坂[16] によれば，抵抗性品種と罹病性品種との間に線虫侵入初期の病斑の数と大いさに差がみとめられないことから，本病の抵抗性は線虫侵入後の問題と解せられ，品種固有の性質のように考えられている。また抵抗性品種では防衛木栓層の形成が早く，かつ顕著で，これが病斑部を他の組織から隔離し，病斑部の中毒細胞は壊死する時期が早いために線虫が新たに組織内を移動することが出来ずに斃死する。更に細根部における傷痍木栓層の形成は線虫の分泌物質と関連があると思われると報告している。

Heterodera 属線虫に対する抵抗性の研究は，これまで馬鈴薯に寄生する *H. rostochiensis* の場合を除いては殆ど報告がない。馬鈴薯に大害を及ぼす本種について，最初に馬鈴薯の根の分泌物質が病原線虫の幼虫の孵化を促進することが見出され，この面から捕獲作物による防除，抵抗性品種の育成に研究が進展した。JONES[14] によれば，1941年以来 ELLENBY によつて *Solanum ballsii* (＝*S. vernei*) と *S. andigenum* の2種の植物が本線虫に抵抗性を示すことが見出され，以来この2種を材料とした育種的及び生態的な研究が進められている。JONES はこの2種の植物及びその系統が，根に多数の幼虫の侵入する点では罹病性の他の種類と同様であるが，寄生幼虫のうちに雌成虫まで発育する個体が全くなく，またこの植物の根の分泌物質がシストからの幼虫孵化を促す点では他の罹病性の種類のそれと同様であることを明らかにした。一方 DONCASTER[6] は *H. rostochiensis* がトマトおよびイヌホオヅキ（*Solanum nigrum*）に寄生する場合を比較し，トマトの単位重量当りの根に寄生する幼虫数はイヌホオヅキのそれよりも常に大で，幼虫寄生数において両者に明らかな差異を認めること，及びイヌホオヅキでは根の幼虫侵入部位に壊疽を生じ，そのため幼虫が斃死して成虫特に雌成虫の個体数が極めて少なくなるが，トマトではこのようなことが殆ど見られないことを明らかにした。

植物の線虫抵抗性の遺伝については次の報告をあげることが出来る。近藤[15] は甘藷の根瘤線虫（*M. incognita acrita*）耐虫性の遺伝傾向について，源氏系品種または源氏系品種を親や祖先にもつ品種系統には耐虫性の弱いものが多く，太白系または太白系を親や祖先にもつ品種系統には耐虫

性の強いものが多く含まれ，また耐虫性の品種が弱×弱，弱×中，中×弱の交配組合せで出現する望みは殆どなく，強×強の組合せでは極強系統の出現率が極めて高く，両親の耐虫性がその F_1 系統の耐虫性と密接な関係があることを報告した。JONES[14]によれば，*S. ballsii* 及び *S. andigenum* の2種の植物を材料として遺伝的な研究を分担した TOXOPEUS and HUIJSMAN の結果では，*S. andigenum* の自配により得た“H_4”と呼ばれる系統によつて線虫抵抗性が‘単一の優性遺伝子’として遺伝することがほぼ認められたが，同じく“H_3”の系統によれば線虫抵抗性が‘2対の補足因子’で遺伝すると考えられる結果となり，そのいずれであるかは未だ決定される段階に至つていない。ALLARD[1]はライマビーンの根瘤線虫に対する抵抗性は多数の遺伝子によつて支配され，戻し交配を繰返すことによつて線虫抵抗性因子を導入することが出来るであろうと報告している。

3. 供試品種及び植物

(1) 「第1稗貫」 本品種は東北農業試験場刈和野試験地に保存される来歴不明の秋田県在来種で，すでに同地方において大豆萎黄病に最も強い品種であることが認められている。子実が扁楕円形，緑色であるため品種としての実用上の価値は低いとされる。同試験地の成績では開花期8月9日，成熟期10月26日，生育日数152日で，熟期は同県下の大豆品種のうちでも著しく晩生である。

(2) 「南郡竹館」 本品種は昭和20年青森県大豆競作会に南郡竹館村より出品された同県在来種で，青森県農業試験場南部農事試験場の大豆有望品種の1である。同試験場の成績によれば，開花期8月10日，成熟期10月25日で，熟期は優良品種中で最も晩い。大豆萎黄病に比較的強い品種とみられている。

(3) 「十勝長葉」 現在北海道で最も広く栽培される人工交配品種で，熟期は中生の晩乃至晩生の早である。大豆萎黄病には弱い。

(4) 「克霜」 原産地及び熟期において以上の3品種と対比される満洲産極早生品種で，萎黄病には弱いがその罹病性は既往の試験結果からは「十勝長葉」よりやや強いものと思われる。

(5) *Glycine gracilis* 大豆に極く近縁な種類*で，アメリカ，イリノイ州より取寄せた種子を用いた。種子は淡褐色で小粒大豆よりも一層小粒である。萎黄病の罹病性は未知である（以下便宜上この植物を大豆品種として取扱う）。

4. 大豆萎黄病による被害

試験方法

ポットに接種する多量のシストを得るために被害地の土壌を標準篩20及び70メッシュによつて flotation 及び screening を行つた。これによつて得られたものは，シスト以外に土壌粒子，種子，根の小片，その他の有機物を多量に混じている“シスト混合物”で，これを乾燥後充分に混淆し，その1,200 mg ずつを2万分の1反ワグネルポットの深さ15 cmまでの土壌中に均等に接種した。この接種量によつて各ポットの深さ15 cmまでの土壌1g当線虫卵数は26.5と計算された。ポットに容れた土壌は試験場圃場の無病地の壌土約9 kgで，これに硫酸アンモニア，過燐酸石灰，硫化加里各1gずつを与え，ガラス室又は網室内で管理した。「第1稗貫」以下前述の5品種を5月21日に播種し，発芽揃は5月30日であつた。このほかに，これと全く同様に準備したポットを用い，2，3品種について長短日処理を行つた。短日処理は「第1稗貫」以下3品種を5月21日に播種し，発芽揃(5月28日)以後は常時ガラス室内に置き，6月6日より毎日午前9時から午後5時までの8時間は自然照明，残りの時間は暗幕で遮蔽して暗黒とし，開花終の7月8日までこの処理を続けた。長日処理は「十勝長葉」と「克霜」を供し，播種を6月15日に行い，発芽揃の6月20日以後ガラス室内で6月25日より自然照明のほかに夜間は約1 mの距離から60 W電球による人工照明を行い，開花終の8月15日までこの処理を続

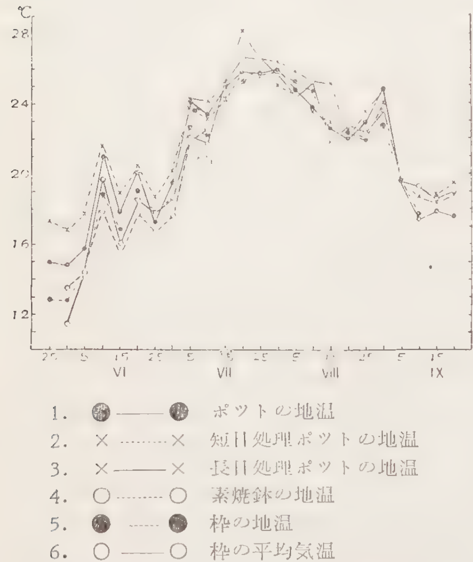
* 福田[11]は大豆及びその近縁種について次の3種をあげている。*Glycine hispida* MAX. ダイズ，栽培大豆品種多数を含む。*G. gracilis* SKVORTZOW 栽培大豆と大豆野生種との中間種と考えられる。*G. Soya* S. et Z. (*G. ussuriensis*) ツルマメ，大豆の原種と考えられる。更に *G. gracilis* にはダイズに似て草型が矮性のもの（‘hispida type’）とツルマメに似て蔓性のもの（‘Soja type’）の2型があるという。本試験に供したものは前者に属するものであつた。

けた。

以上の試験において標準区としてシスト混合物を土壌中に接種しなかつた以外は耕種，土壌，気象，処理などすべて同じ条件の下に管理したポットを用い，各ポットは1株2本立とし，すべて2反復とした。大豆の収穫後に接種区のポットについて深さ 15 cm までの土壌を掘出し，これを秤量後篩を用いて充分に攪拌し，風乾した重量 200 g の土壌を抽出し，FENWICK[9] の方法によつて土壌中のシストを取出して卵数を調査した。

試験結果

(1) 生育及び収量　生育期間中の午前10時に観測したポットの深さ 10 cm の地温を第1図，1に示した。「第1稗貫」と「南部竹館」はこれま



第1図　6月より9月までの5日間毎の温度

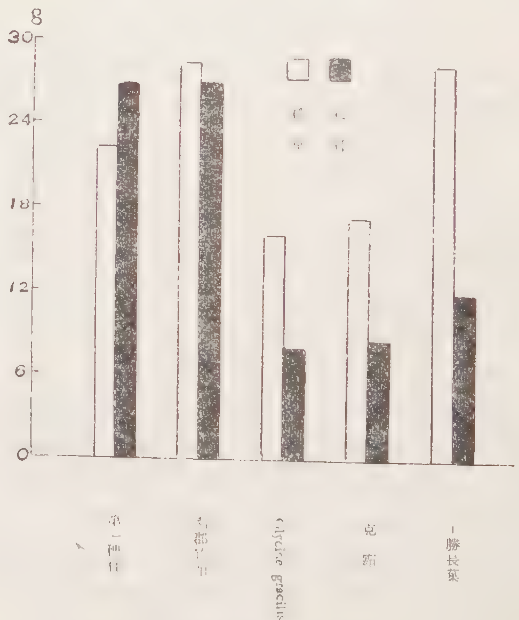
Fig. 1　Soil and air temperatures of every fifth day from May to September.

での試験例では殆ど登熟に至らなかつたが，本試験ではガラス室内で生育させたこと及び本年の夏季の天候が例年に比し高温であつたことなどによつて完全な登熟をみた。接種区では病徴である茎葉部の黄変が7月下旬以降に「十勝長葉」,「克霜」, *G. gracilis* に明瞭に認められたが，「南部竹館」では病徴は僅かに，また「第1稗貫」では全く病徴を認めなかつた。開花期及び収穫期はそれぞれ「克霜」7月8日，9月5日，*G. gracilis* 7月17日，9月14日，「十勝長葉」7月18日，9月24日，「南部竹館」8月8日，10月27日，「第1稗貫」8月10日，11月5日で，各品種とも接種区，標準区による差は殆どなかつた。収穫時の草丈，全重は第1表に，子実重の比較は第2図に示した。

第1表　草丈及び全重による比較
（2区の平均，1株当）

Table 1　Mean heights and weights of varieties grown in pots inoculated at the same levels of *H. glycines* cysts and uninoculated controls.

品種	草丈 (cm) 標準	草丈 (cm) 接種 (比率%)	全重 (g) 標準	全重 (g) 接種 (比率%)
第1稗貫	119.8	114.4 (96)	68.7	80.2 (105)
南部竹館	86.5	73.6 (85)	69.8	66.3 (95)
G. gracilis	93.6	66.6 (71)	27.5	16.8 (61)
克霜	38.5	38.0 (99)	29.3	16.5 (56)
十勝長葉	48.6	40.4 (83)	60.5	25.7 (42)



第2図　子実重の比較（1株当）

Fig. 2　Comparison of the yields of the potted resistant and susceptible soy beans.

「第1稗貫」及び「南部竹館」は共に萎黄病による被害が他品種に比して著しく少なく，特に前者はすぐれている。罹病性品種では草丈よりも全重，子実重における減少が顕著であつた。*G. gracilis* の萎黄病による病徴，被害は顕著で，明

らかな罹病性を示した。各品種の病株と健全株との差異は，莢数及び粒数においては全重の場合と殆ど同様であり，分枝数では殆ど差異を認めなかつた。

（2） 短日処理における被害 期間中のポットの深さ 10 cm の地温を第1図，2に示した。短日処理を行つた結果「第1稗貫」，「南部竹館」，「十勝長葉」の各品種とも早期に開花し生育日数を著しく短縮したが，草丈は低く全体が矮小となり，収量も少なかつた。開花期及び成熟期はそれぞれ「十勝長葉」7月4日，8月29日，「第1稗貫」7月5日，9月12日，「南部竹館」7月6日，9月13日であつた。「十勝長葉」では接種区に茎葉部の黄変を認めたほか全重，子実重の顕著な減少を示したが，「南部竹館」では僅かに被害を認め，「第1稗貫」ではむしろ接種区の方が標準区よりも良い生育を示した。

第2表 短日処理における被害
（2区の平均，1株当）

Table 2 Mean heights and yields of the potted soy beans under short-day treatment from June 6 to July 8.

品種	草丈（cm）		全重（g）		子実重（g）	
	標準	接種 比率%	標準	接種 比率%	標準	接種 比率%
第1稗貫	27.6	30.3 (110)	17.0	19.9 (117)	10.3	11.0 (106)
南部竹館	35.4	33.6 (95)	26.6	23.8 (90)	13.7	12.6 (92)
十勝長葉	27.6	24.5 (89)	12.6	8.6 (68)	7.5	5.1 (68)

（3） 長日処理における罹病性品種の被害 「十勝長葉」では開花及び成熟がおくれ生育日数が著しく延長されたが，「克霜」では生育の遅延が顕著でなかつた。また両品種とも処理の影響によつて茎葉部の徒長が甚しく，収量は少なかつた。生育期間中のポットの地温を第1図，3に示した。開花期及び成熟期はそれぞれ「克霜」7月23日，9月21日，「十勝長葉」8月11日，11月4日で，共に接種区では被害が顕著であつたが病徴は明らかでなく，また接種区の草丈の減少に殆どみられなかつた。調査結果を第3表に示す。

第3表 長日処理における被害
（2区の平均，1株当）

Table 3 Mean heights and yields of the potted soy beans under long-day treatment from June 25 to August 15.

品種	草丈（cm）		全重（g）		子実重（g）	
	標準	接種 比率%	標準	接種 比率%	標準	接種 比率%
克霜	129.5	132.9 (103)	13.9	11.8 (85)	6.5	4.3 (68)
十勝長葉	122.6	118.8 (97)	18.8	13.8 (73)	6.5	3.7 (56)

（4） 収穫後の土壌中の線虫卵数 ポットの深さ 15 cm までの土壌の重さは平均 7,110 g で，この土壌中の病原線虫の密度を土壌 1 g 当卵数で表わし第4表に示した。また表中には収穫後の土壌中の卵数と接種卵数とを比較しその増加率をも示した。

第4表 収穫後の接種区ポット内のシストの密度及び卵数（2区の平均，深さ 15 cm まで）

Table 4 Effect of resistant and susceptible varieties on the population level of soy bean nematode in upper 15-cm layer of soil. (an average of two replications)

品種	大豆の生育日数	土壌1g当シスト数	1シスト当卵数	土壌1g当卵数	接種卵数との比率
Group 1（無処理）					
第1稗貫	159	1.5	33	50	1.9×
南部竹館	150	2.0	52	104	3.9×
G. gracilis	107	3.8	39	149	5.6×
克霜	98	2.3	17	43	1.6×
十勝長葉	117	4.3	38	178	6.7×
Group 2（短日処理）					
第1稗貫	107	2.0	18	37	1.4×
南部竹館	108	2.3	37	84	3.2×
十勝長葉	93	2.4	17	41	1.6×

大豆の生育日数は品種の熟性及び処理に応じて著しく異なつているが，大豆が正常の環境に生育した場合（第4表，Group 1）は，収穫後の土壌中の卵数は「第1稗貫」及び「克霜」において他の品種よりも比較的に少なく，また全品種を通じて収穫後の土壌中の卵数の多少とそれぞれの品種の萎黄病による被害の順位との間には一致した傾向がみられない。但し「第1稗貫」では生育日数が最も長かつたにも拘らず卵数は最も少なかつた。このような収穫後の卵数と品種の被害程度との関係は，大豆が短日処理を行うことによつて特

殊の環境下に生育した場合（第4表，Group 2）でもほぼ同様であつた。大豆播種前のポット当りの線虫接種量はすべて同一であつたにもかかわらず，Group 2 では Group 1 に比べて収穫後の土壌中の卵数及びそれの接種卵数に対する増加率が各品種とも少なかつたのは，Group 2 の大豆の生育期間が短日処理によつて短縮されたためと解される。

5. 線虫の寄生及び寄生後の発育

試験方法

径 15 cm の素焼鉢に無菌土壌（圧力 20 ポンド 30 分間蒸気殺菌）1 kg を容れ，これにシスト混合物 200 mg（平均シスト数 1700，1 シスト当卵数 22.6）を深さ 5 cm まで均等に接種し，5 月 25 日に鉢を縁まで土壌中に埋めた。無肥料で「第1稗貫」以下4品種を各品種9鉢ずつ5月28日に播種し，発芽期は6月7日であつた。6月10日に各鉢3本立とし，6月22日以後は2本立とした。発芽期より3日，14日，30日目に，各回とも1品種3鉢ずつ土壌を丁寧に洗つて根を取出し，第1回調査では各鉢より2〜4本ずつ，また第2，第3回調査ではそれぞれ各鉢より1本ずつ，根の中の線虫幼虫数を調査した。幼虫数調査は，充分に水洗した根を秤量後酸性フクシン，ラクトフエノール液で染色し，解剖顕微鏡下で算えた。但し第3回調査では根を長さ約1 cm 以内の小片に切り，これより一定重量の根を抽出して同様に調査し，全幼虫数を計算した。

次に第2回調査の際の各鉢2本の大豆を，また第3回調査の際の各鉢1本の大豆を，それぞれ根の表面を充分に水洗したのち直ちに各鉢毎に殺菌土壌を容れた5万分の1反ワグネルポットに移植し，以後ガラス室内で大豆及びその寄生線虫を引続き生育させた。移植後はポット内の深さ 5 cm の地温を毎日午前10時に観測し，移植を6月21日に行つたものでは7月25日に，同じく7月7日に行つたものでは8月3日に，それぞれポット内で大豆に生じた雌成虫数を調査した。雌成虫数の調査は FENWICK & REID[10] の考案になる方法に従つてポット内の全土壌について行つた。ポット内の地温の観測によつて移植の日から大豆線虫の発育有効積算温度を積算し，これが7月25日調査時ではおよそ480日度，8月3日調査時では490日度と推定され，これらは大豆線虫の1世代に必要と考えられる有効積算温度313日度[13,p.35]を超え，且つその2世代には足りないものであつた。

試験結果

（1） **幼虫寄生数**　大豆の生育期間中の素焼鉢内の地温は第1図，4に示した。第1回調査では発芽後の日数が短いために根群が小さく，根の幼虫寄生数も著しく少なかつた。特に「第1稗貫」では11個体について調査したが幼虫を全く認めなかつた。但し幼虫寄生数において供試品種間に差異があるか否かは，幼虫数が少ないので明らかでない。調査結果を第5表に示す。

第5表　発芽より3日目（1955-6-10）の幼虫寄生数

Table 5　Number of larvae invaded to the host plant root, 3 days after germination.

品　種	調査本数	根の重さの合計(g)	幼虫寄生数	根1g当幼虫数
第1稗貫	11	4.3	0	0
南部竹館	9	3.2	9	3
克　霜	8	2.7	3	1
十勝長葉	8	3.4	6	2

第2回調査では多数の幼虫の寄生を認めた。寄生幼虫の大部分は第2幼虫（侵入時の幼虫）で，第3幼虫に発育した個体は極めて少なかつた。根1g当幼虫数では同一品種内の変動が大きいために品種間に統計的な有意差がみとめられず，結局「第1稗貫」，「南部竹館」と罹病性品種との間に幼虫寄生数の差異は認められなかつた。根1g当幼虫数の平均は 52±42（n＝12）であつた。調査結果を第6表に示す。

第6表　発芽後14日目（1955-6-21）の幼虫寄生数（3区の平均，1本当）

Table 6　Number of larvae invaded to the host plant root, 14 deys after germination: data given as an average of 3 repls.

品　種	根の重さ(g)	幼虫寄生数	根1g当幼虫数
第1稗貫	2.0	116	57
南部竹館	1.9	101	52
克　霜	1.9	71	37
十勝長葉	2.1	92	44

第3回調査では前回の調査よりも更に幼虫数が増加した。寄生幼虫のうちには第2幼虫のほかに

第3, 第4幼虫も多く, 雄成虫も認められた。根1g当幼虫数も前回調査より著しく増加したが, この場合も同一品種内の変動が大きいために, これによる品種間の差異には統計的に有意性が認められなかつた。根1g当幼虫数の平均は431±145（n＝12）であつた。調査の結果を第7表に示す。

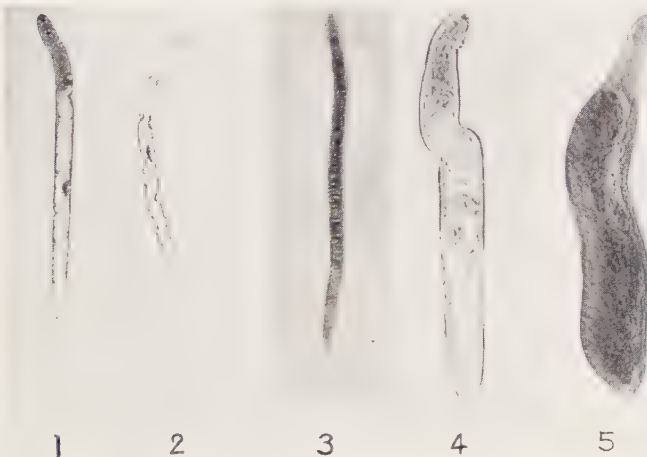
第7表 発芽後30日目（1955-7-7）の幼虫寄生数（3区の平均, 1本当）

Table 7 Number of larvae invaded to the host plant root, 30 days after germination: data given as an average of 3 repls.

品種	根の重さ (g)	幼虫寄生数	根1g当幼虫数
第1稗貫	3.5	1,710	493
南部竹館	4.4	2,377	544
克霜	4.1	1,272	313
十勝長葉	4.5	1,571	349

（2） **寄生後の斃死幼虫** 発芽後30日目の大豆を調査したところ, 寄生幼虫のうちに体腔内が殆ど空虚になつていて体がよく染色されない幼虫（第3図, 1）や, 体の表皮が著しく収縮した状態にある個体（同, 2）が認められた。これらは脱皮中の幼虫とも異なり, 明らかに寄生後何等かの原因で斃死した幼虫であり, その数も品種によつては極めて多い。このような斃死幼虫は, 根に侵入当時の幼虫即ち第2幼虫のままのものが大部分で, 第3幼虫または第4幼虫に発育してから斃死したと思われる個体も極めて僅かではあるが認められた。これらの幼虫の外観は写真により第3図に示す。

斃死幼虫の数では品種間に明瞭な差異を認め,「第1稗貫」と「南部竹館」では比較的多く,「克霜」と「十勝長葉」では斃死幼虫が比較的少なく, 各品種の萎黄病による被害度の順位と全く一致することが認められた。但しラクトフェノールによる処理法では斃死幼虫か健全幼虫かを一見して区別し難い場合もあつたが, 斃死幼虫の大部分が第2幼虫であることから幼虫態別による第2幼虫数の比率を比較することによつて, 品種間の斃死幼虫数の多少を明らかにすることが出来る。寄生幼虫の各態別にそれぞれの幼虫数の百分率を求めると第4図の如くで,「第1稗貫」では全寄生幼虫の87％が第2幼虫であり, 従つて斃死幼虫が最も多い品種である。



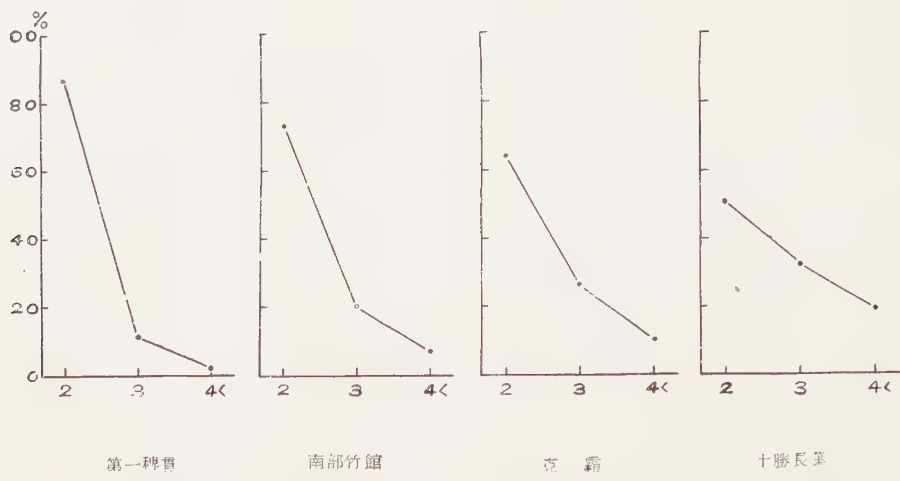
第3図 根に寄生後の健全及び斃死幼虫 1. 2. 斃死第2幼虫 3. 健全第2幼虫 4. 斃死第3幼虫 5. 健全第3幼虫 （酸性フクシン染色, すべて同倍率 約100倍）

Fig. 3 Microphotographs of the dead and healthy larvae. (Stained with acid fuchsin in lacto-phenol.) 1. Dead second-stage larva. 2. do. 3. Healthy second-stage larva. 4. Dead third-stage larva. 5. Healthy third-stage larva. (All ×100)

（3） **雌成虫數** 発芽より14日目に無菌土壌に移植した大豆では,「第1稗貫」の雌成虫数が罹病性品種のそれに比較して特に少ないことが認められた。これを第8表に示す。

発芽後30日目に無菌土壌に移植した大豆では,「第1稗貫」及び「南部竹館」の雌成虫数が他の罹病性品種のそれよりも明らかに少なく, 両者の差は極めて明瞭であつた。これを第9表に示す。

本調査で得られた雌成虫数は, 前述の幼虫寄生数に比較すれば各品種とも著しく少なく, 仮に雌成虫数の幼虫寄生数に対する比率を前述の結果から推定すると,「十勝長葉」と「克霜」ではそれぞれ約4％,「南部竹館」と「第1稗貫」では共に1％に足りない。この原因としては, (a) 移植の際の根の損傷により寄生した幼虫が斃死する, (b) FENWICK & REID の方法ではポッ



第4図　発芽後 30 日目の大豆における幼虫態別比率による斃死幼虫数の比較（3区の平均）

Fig. 4　Comparison of the number of dead larvae among four varieties: the actual number of each larval stage counted on the 30 th day after germination was shown with percentage (an average of 3 replications).

第8表　発芽後 14 日目に無菌土壌に移植した大豆の雌成虫数（大豆 2 本当）

Table 8　Number of females, per 2 plants, on soy bean varieties transplanted to sterilized soil 14 days after germination.

品　種	I	II	III	計
第 1 稗 貫	1	1	–[a]	2
南 部 竹 館	9	7	1	17
克　霜	22	14	13	49
十 勝 長 葉	9	8	7	24

a　調査操作上の失敗により棄却した

第9表　発芽後 30 日目に無菌土壌に移植した大豆の雌成虫数（大豆 1 本当）

Table 9　Number of females, per 1 plant, on soy bean varieties transplanted to sterilized soil 30 days after germination.

品　種	I	II	III	計
第 1 稗 貫	13	10	3	26
南 部 竹 館	8	5	1	14
克　霜	96	40	31	167
十 勝 長 葉	78	54	45	177

ト内の雌成虫の全部を取出すことが出来ない（以上は実験誤差），(c) 幼虫が寄生後に斃死する，(d)雄成虫数が本試験では無視された，などが考えられるが，「第1稗貫」と「南部竹館」では罹病性品種に比較して雌成虫数が明らかに少なく，この差は (c) によることが最も大きいと考えられる。

6. 根の形態及び生態

調査方法

被害地の土壌をほぼ均等に容れた面積 1 m² の枠に，「第1稗貫」以下の 4 品種を 1 枠に各 1 株ずつ植えた。標準区には，1953 年秋に "D—D" を注入して線虫を完全に死滅したほかは土性その他の環境，栽培条件の全く同一な枠を用いた。播種 5 月 21 日，発芽期 6 月 4 日で，以後 1 株 2 本立とし，すべての調査は第 1 回を 8 月 7～8 日に，第 2 回は 9 月 6～9 日に行い，それぞれ 2 反覆とした。まず 1 株毎になるべく深く掘出し，根に多量の土壌が附着したままのものを直ちに 5 %ホルマリン液に 30 分以上浸漬した。

根の重さは充分に水洗したのち水滴を取除いて秤量した。支根数は主根から分岐している径 2 ～ 3 mm 以上の第 1 次支根を算えた。根瘤数は肉眼で認め得る大きさのものを，また水洗中に根から脱落した根瘤は篩により選別して算えた。雌成虫数は被害区の大豆だけについて，根の表面にある雌成虫は毛筆で完全に洗い落して 70 メッシュの篩で受け，これと根から離れてホルマリン液中に沈んだ土壌からの雌成虫(新しいシストを含む)を Fenwick & Reid[10] の方法によって分離したが，なお雌成虫以外に多数の夾雑物を含むので，これを更に同氏等の方法に従い硫酸亜鉛飽和水溶液中

に入れて再分離し，FENWICK[9] の計数皿を用いて総数を算えた。大豆の生育期間中の枠内の深さ 5 cm の地温及び平均気温をそれぞれ第1図，5，6に示す。

本試験では標準区枠の病原線虫を除くために予め“D—D”を注入したが，その効果を確認するために同じ処理をした枠について幼虫寄生状況を調査した。その結果5月21日に播種，6月3日に発芽した大豆「十勝長葉」の幼虫寄生数は，無処理枠 947（根1 g 当 68）に対し処理枠 0，同じく6月30日では無処理枠 1,096（根1 g 当 42）に対し処理枠 5（根1 g 当 0.2）であつた（以上は大豆4本による1本当平均）。

調査結果

（1） 根の重さと支根數 根の重さでは被害区と標準区との差が殆ど認められないが，品種間では明らかな差異が認められた。「第1稗貫」と「南郡竹館」では8月と9月の両調査結果を比較してこの期間中の根の重さの増加が著しく，両品種の根の生長が旺んであることを示したが，罹病性品種では根の重さは小で，根の生長の乏しいことを示している。「克霜」は熟期が早く9月では根の重さは8月よりも減少した。根の重さは品種の特性と認められる点が多く，特に品種の熟性と関係があるように思われるが，「第1稗貫」と「南郡竹館」は，根の重さだけでなく地上部の生育においても罹病性品種のそれよりも旺盛な品種である。

支根数による品種間の差異は小さいが，「第1稗貫」のみは他の品種に較べて支根数が明らかに少なかつた。また観察によれば，「第1稗貫」では支根が太く，また主根の上方に支根が群つて発生してほぼ水平に伸び，「南郡竹館」でも主根の上方部に発生した支根は太く水平に伸びる。「十勝長葉」と「克霜」ではこのようなことが認められず，また支根は細く，抵抗性品種の根系とはかなりの相違が認められる。根の重さ及び支根数の比較を第10表に示した。

（2） 根瘤数 根瘤数では被害区と標準区による差異及び品種間の差異が共に顕著で，被害株は健全株よりも根瘤数を減じ，また抵抗性品種では罹病性品種よりも根瘤数が多かつた。調査結果を第11表に示す。

「第1稗貫」と「南郡竹館」では根瘤数が多く，

第10表 根の重さと支根数（4株8本の平均）

Table 10 Weight of roots and number of laterals of resistant and susceptible varieties.

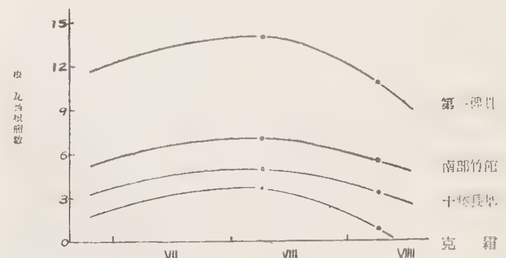
品種	根の重さ（1株当g）		支根数（1本当）	
	7～8/Ⅷ	6～9/Ⅸ	7～8/Ⅷ	6～9/Ⅸ
第1稗貫	27.0	118.3	13.5	12.6
南郡竹館	46.6	146.0	22.1	19.5
克霜	24.2	19.2	19.0	17.1
十勝長葉	42.0	49.1	20.3	16.1

第11表 根瘤数の比較（2区の平均）

Table 11 Root-nodules of plants grown in infested and sterilized soils.

品種	区別	7～8/Ⅷ		6～9/Ⅸ	
		根瘤数（1株当）	根1g当根瘤数	根瘤数（1株当）	根1g当根瘤数
第1稗貫	標準区	248	8.6	2,096	16.6
	被害区	351	13.9	1,186	10.7
南郡竹館	標準区	496	12.0	1,203	9.3
	被害区	362	7.0	880	5.4
克霜	標準区	161	7.2	75	4.3
	被害区	94	3.6	17	0.8
十勝長葉	標準区	468	12.6	277	6.0
	被害区	215	4.9	167	3.2

特に9月調査時の増加は著しい。また根1g当根瘤数によつて比較してもこの傾向は同様であつた。各品種とも根1g当根瘤数が9月調査時は8月調査時よりも減少し，また「克霜」ではこの減少の割合が最も大であつたが，これらは大豆の根に寄生する根瘤菌の活動の消長の一端を示すものである。本調査から病害土壌における各品種の根瘤着生の大いさ及びその消長を比較すれば第5図の如くである。



第5図 被害株の根瘤数の消長の比較

Fig. 5 Transitions of the number of root-nodules per unit weight of roots of the soy bean varieties tested.

標準区に比較して被害区では各品種とも根瘤数が少なく，“線虫の寄生を受けた株は根瘤数を減少する”という現象が認められる。この原因は明らかでないが，病原線虫と根瘤菌との拮抗現象が予想される。

「第1稗貫」と「南部竹館」の根瘤数が比較的に多かつたことは，病原線虫と根瘤菌との拮抗現象の問題と共に萎黄病抵抗性に関連ある要因と考えられる。

（3） **根の雌成虫数**　「第1稗貫」と「南部竹館」の1株当の雌成虫数は，罹病性品種のそれに比較して必ずしも少ないという傾向は認められなかつた。これは両品種の根群が罹病性品種のそれよりも格段に大きいことによると思われ，特に「南部竹館」の9月調査時の雌成虫数は全調査株中最も多かつた。しかし根1g当雌成虫数で比較すると，「第1稗貫」と「南部竹館」が罹病性品種よりも比較的少なく，特に「第1稗貫」ではこの傾向が明らかであつた。一般に各品種とも9月調査時では8月調査時よりも雌成虫数が著しく増加し，この期間中に線虫の増殖が極めて活潑であることを示したが，「克霜」では熟期が早いために9月では8月よりも雌成虫数は減少した。調査結果を第12表に示す。

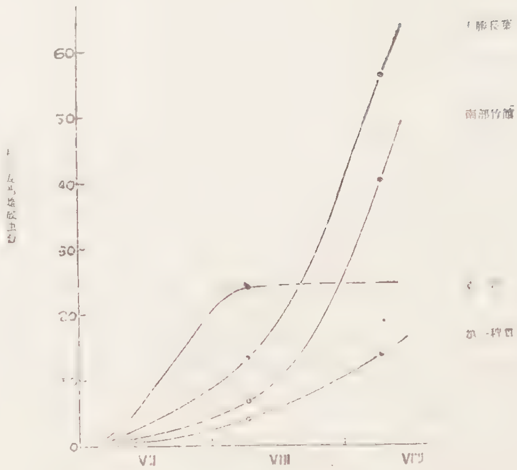
第12表　根の雌成虫数（2区の平均）

Table 12　Number of white and yellow females on roots of resistant and susceptible varieties.

品　　種	7〜8/Ⅷ		6〜9/Ⅸ	
	雌成虫数（1株当）	根1g当雌成虫数	雌成虫数（1株当）	根1g当雌成虫数
第1稗貫	108	4.3	1,560	14.1
南部竹館	363	7.0	6,607	40.5
克　　霜	638	24.5	366	17.3
十勝長葉	591	13.4	2,922	56.3

枠内に生育した大豆の根に雌成虫が初めて認められる時期は既往の研究から7月初旬頃と推定されるので，各品種の生育期間中に根に生ずる雌成虫数の大いさ及び推移を比較すると第6図の如くである。即ち「第1稗貫」と「南部竹館」では雌成虫数の増加の割合が罹病性品種のそれよりも比較的に少ない。「克霜」では雌成虫数は他の晩生品種のそれと時期的に異なると思われる。

根の雌成虫数の大いさは，大豆が線虫によつて



第6図　雌成虫数の消長の比較

Fig. 6　Transitions of the white and yellow females per unit weight of roots of the soy bean varieties tested.

生育を阻害される度合を或る程度表わすものと考えられるので，その意味では根群全体の総雌成虫数の比較によるよりも根の単位量当の雌成虫数によつて比較することがよいと考える。

7. 論　　議

以上に記述した試験及び観察の結果は次の如く要約される。(a)「第1稗貫」及び「南部竹館」は明らかに大豆萎黄病に対する耐病性を有する品種である，(b) 短日処理を行い所謂特殊環境下に生育した場合でもこの耐病性は失われないと思われる，(c) 病原線虫の幼虫が根に侵入する数及びその時期は品種の耐病性または罹病性と直接の関係を認めない，(d) しかし寄生幼虫のうちには何等かの原因で発育の途中で斃死する個体があつて，その個体数では品種により差異を認め，耐病性品種では斃死幼虫が比較的多い，(e) 従つて根に生ずる雌成虫数は耐病性の強い品種ほど少ない（但し根の単位量当の雌成虫数で比較した場合），(f) 耐病性品種では根の生長が著しく旺盛で支根も太い，(g) 線虫が棲息する土壌では，根の単位量当の根瘤数が耐病性の強い品種ほど多い，(h) 根瘤の着生が多い品種ほど雌成虫数が少なく，また同じ品種でも線虫が寄生したものでは根瘤数が少ないという関係が認められ，これより根瘤菌と病原線虫との拮抗現象が考えられる，(i)「第1稗貫」は

「南部竹館」よりも一層耐病性が大きいと判断される。

以上の調査結果から，大豆品種に萎黄病抵抗性を生起せしめる要因として次の如きものを予想することが出来る。即ち (a) 寄生した幼虫を発育の途中で斃死させる要因，(b) 根瘤菌の活動を旺んにする要因，(c) 根の生長，ひいては植物体全体の生長を旺んにする要因。

根に寄生した幼虫を斃死させる要因は大豆萎黄病の場合に品種の抵抗性と最も密接な関連を有すると考えられる。根瘤線虫では寄主植物の抵抗性が幼虫の侵入後の巨大細胞の生成と密接な関連があるとする点で多くの報告[2) 17) 19)]は一致しており，幼虫が発育の途中で斃死すれば巨大細胞は生成されず，また生成されても早期に壊死することが認められている。[17)] 大豆線虫も根瘤線虫の場合ほど顕著ではないが巨大細胞を生成する点では同一である。[13;p.40)] しかし大豆萎黄病に対して顕著な耐病性を有する「第1稗貫」が，根瘤線虫 (*M. incognita acrita*) に対しては寄生度が高く耐病性を全く有しないことが千葉県農業試験場[3)]によつて報告されており，このような点からは大豆萎黄病と根瘤線虫病の抵抗性に関与する要因は，かなり異なるもののように見える。

根における根瘤菌の活動はマメ科植物の場合に限つて起る問題であるから，マメ科以外の植物を寄主とする線虫では当然この問題は起らない。従つてこれまで内外の諸報告中に線虫と根瘤菌との関係について記した例は極めて少なく，長野県農業試験場[18)]その他2，3の報告中に"同一品種では線虫寄生数と根瘤形成数とは逆比例の関係にある"ということが観察されている。大豆萎黄病の病徴である茎葉部の生育不良及び黄変は極めて特異的で，大豆が根瘤線虫により被害された場合は被害が甚しいときでも茎葉の黄変は認められない。また大豆線虫と同じ *Heterodera* 属の線虫でも，甜菜，馬鈴薯などに寄生する数種では，寄主植物の茎葉部に黄変を来すということがない。更に大豆萎黄病による茎葉部の黄変は大豆の窒素欠乏の症状に甚だ似ており，従つて大豆が大豆線虫の寄生によつて惹き起される栄養欠乏は窒素の欠乏が最も大きいと思われる。このような点から大豆線虫と根瘤菌との関連が暗示され，大豆の病徴は根瘤菌から得られる窒素源の不足が関連しているということが考えられる。本試験において根瘤菌の着生が最も多かつた「第1稗貫」では，罹病性品種で認められたような病徴は殆ど認められなかつた。また罹病性品種でも窒素肥料を極めて多量に施与するときは，大豆は茎葉部の黄変を発現せずに一見健全な生育を示すことが実験的に認められている（筆者未発表）。

植物体の生長を旺んにする要因も決して軽視することが出来ないと思われる。例えば罹病性品種に対して堆肥を充分に与えたり，深く耕起して作土を深い処まで膨軟にすることは，大豆の根の生長を促進し，ひいては大豆の生育を旺んにすることであるが，被害地ではこの方法によつて被害を或る程度軽減することが出来るほどである。また従来晩生品種よりも早生品種の中に被害の著しいものが比較的多いと認められるが，これは早生品種では草型に小型のものが多く，晩生種には大型のものが多いことと関係があるように思われる。最近山形県立農業試験場新庄原種農場[20)]において，大豆萎黄病に対し「第1稗貫」と同程度に耐病性を有することが明らかとなつた「淡緑」といわれる品種も，その熟期は同成績によれば「第1稗貫」と同日の11月7日で，共に熟期がおそ過ぎるために実用には供し難いといわれている。

以上大豆萎黄病の抵抗性に関連あると思われる3要因について考察したが，各要因が抵抗性とどの程度の関連を有するかは今後の試験にまたなければならない。しかし，萎黄病は大豆に最も顕著に発生するが小豆及び菜豆では病徴，被害がいずれも大豆ほど著しくないことが認められているので，病原線虫が大豆，小豆，菜豆，更に他の植物に寄生する場合の生態的乃至根の組織的な特徴を植物間で比較することによつて，大豆品種間の抵抗性の機作が明らかにされることも考えられ，反対に同一の大豆品種についても，大豆萎黄病と根瘤線虫病とのそれぞれの病原線虫の寄生生態的な差異を比較することによつて明らかにされることも考えられる。例えば「第1稗貫」の耐病性が両者では全く異なるからである。

従来"抵抗性""免疫性""耐虫性"("耐病性"を含む) などの語は線虫の場合その意味がやや不明確であつたように思われる。これについて

CHRISTIE[4] は罹病性及び耐病性植物を指してそれぞれ "suitable" 及び "unsuitable (host)" なる語を用いた。また DROPKIN[8, p.301] は植物の線虫に対する抵抗性の大いさを PAINTER による昆虫の場合の例から次の3階級に分けた。

susceptible　線虫の成長及び増殖に適するが，植物が充分な生育をなし得ない場合
resistant　線虫の成長及び増殖には不適であり，植物が充分な生育をする場合
tolerant　線虫の成長及び増殖が充分であり，かつ植物自体も充分な生育をする場合

JONES[14, pp.350,351] は *Heterodera rostochiensis* に対する植物の抵抗性を次のように分けた。

(1)完全抵抗性　線虫が全く侵入しない
(2)部分的抵抗性　線虫が侵入する
(a) 幼虫は発育出来ない
(b) 幼虫は発育するが成虫に達し得ない
(c) 幼虫は成虫に発育するが雌成虫の数及び産卵数が少ない
(3)罹病性　雌成虫の数及び産卵数が多い

「第1稗貫」及び「南郡竹館」の両品種は，本試験の結果から，DROPKIN に従えば "tolerant" variety であり，また JONES に従えば (2,c) に入れられるべき品種である。従つて両品種は大豆萎黄病に対しては "抵抗性品種" よりも "耐病性品種" と呼ばれるべきものであろう。

8. 要　　約

「第1稗貫」及び「南郡竹館」の大豆萎黄病に対する抵抗性を罹病性品種「十勝長葉」及び「克霜」と比較し試験した。両品種の萎黄病による生育及び収量上の影響は共に極めて少ない。また両品種は線虫の寄生数では他の品種と差異を認めないが，根の単位量当の雌成虫数では罹病性品種に比較して少なく，これは幼虫が根に侵入後何等かの原因で斃死し，その斃死幼虫数が比較的多いためと思われる。更に両品種は根の生長が極めて旺盛で，根瘤形成も罹病性品種より活潑である。これらの点から両品種は大豆萎黄病に対し共に耐病性の品種であることを確かめた。なお大豆萎黄病抵抗性に関連あると思われる2,3の要因について考察した。

9. 引用文献

1. ALLARD, R. W. (1954): Sources of root-knot nematode resistance in lima beans. Phytopath., 44, 1〜4.

2. BARRONS, K. (1939): Studies of the nature of root knot resistance. Jour. Agr. Res., 58, 263〜271.

3. 千葉県農業試験場 (1953): 昭和 28 年度大豆特性検定試験成績.

4. CHRISTIE, J. R. (1949): Host-parasite relationships of the root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. III. The nature of resistance in plants to root knot. Proc. Helminth. Soc. Wash., 16, 104〜108.

5. CRITTENDÈN, H. W. (1954): Factors associated with root-knot nematode resistance in soybeans (講演要旨). Phytopath., 44, 388.

6. DONCASTER, C. C. (1953): A study of host-parasite relationships. The potato-root eelworm (*Heterodera rostochiensis*) in black nightshade (*Solanum nigrum*) and tomato. Jour. Helminth., 27, 1〜8.

7. DROPKIN, V. H. (1954): Infectivity and gall size in tomato and cucumber seedlings infected with *Meloidogyne incognita* var. *acrita* (root-knot nematode). Phytopath., 44, 43〜49.

8. ——— (1955): The relations between nematodes and plants. Exp. Parasit., 4, 282〜322.

9. FENWICK, D. W. (1940): Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. Jour. Helminth., 18, 155〜172.

10. ——— and E. REID (1951): A rapid method for estimating the density of white cysts of *Heterodera rostochiensis* on potato roots. Nature, 167, 534〜535.

11. FUKUDA, Y. (1933): Cyto-genetical studies on the wild and cultivated Manchurian soy beans (*Glycine* L.). Jap. Jour. Bot., 6, 489〜506.

12. 北海道立農業試験場 (1953, 1954): 昭和 28 (29) 年度大豆特性検定試験成績.

13. 一戸稔 (1955): 大豆線虫の形態並びに生態に関する研究, 北・農・試・報告, 48, 64 pp.

14. JONES, F. G. W. (1954): First steps in breeding for resistance to potato-root eelworm.

(Proceedings of the Association of Applied Biologists) Ann. Appl. Biol., 41, 348〜353.
15. 近藤鶴彦 (1954)：根瘤線虫に対する甘藷の耐虫性，研究通報 No. 53, 359〜360, 農林省農業改良局研究部.
16. 溝上淳爾 (1947)：甘藷根瘤線虫病の抵抗性に関する解剖学的研究，九州農試研究発表会講演要旨第1号，19〜20，農林省農.試.九州支場.
17. 高坂淳爾 (1950)：甘藷ねぐされ線虫病の抵抗性について 1. 解剖学的考察，九州農業研究，7，65〜66.
18. 長野県農業試験場 (1952, 54)：害虫防除に関する試験成績報告.
19. SHIBUYA, M. (1952)：Studies on the varietal resistance of sweet potato to the root-knot nematode injury. Mem. Facul. Agr., Kagoshima Univ., 1, 1〜22.
20. 山形県農業試験場 (1955)：昭和28年度山形県立農業試験場業務年報.

Résumé

This investigation was made since 1955 to clarify the nature of resistance of the soy bean varieties to the "yellow dwarf" disease caused by *Heterodera glycines*. In this paper, so-called resistant varieties, 'Daiichi-hienuki' (extreme late) and 'Nangun-takedate' (do.) and susceptible varieties, 'Kokusô' (early) and 'Tokachi-nagaha' (late) were tested. Results obtained were summarized as follows:

1. When plants completed their growth at the same levels of cyst inoculum in pots, both resistant varieties showed almost no effect in respect to height and yield, whereas remarkable disease symptoms and heavy reductions of yield were noted on susceptible varieties (Table 1 and Fig. 2).

2. The resistance of the varieties was retained under the condition of shortening the periods of growth of the plants by the short-day treatment (Table 2).

3. The result of investigation of the larval invasion to the resistant and susceptible varieties indicated that no general relationships exist between the rate of larval invasion and the degree of varietal resistance (Tables 5 - 7).

4. Many larvae out of the invaded ones showed some signs of their early death in root tissue (Fig. 3). Such larvae apparently increased with the degree of the varietal resistance (Fig. 4).

5. The white and yellow females per unit weight of root were counted; fewer females were counted on the resistant varieties than those on the susceptible ones (Table 12 and Fig. 6).

6. The resistant varieties had very vigorous root systems possessing big laterals. 'Daiichi-hienuki' bears a minimum number of laterals (Table 10).

7. The root nodules per unit weight of root were fewer on susceptible varieties than on the resistant ones. Almost all plants grown in infested soil heavily reduced their root nodules in comparison with those grown in sterilized soil (Table 11 and Fig. 5).

8. It was a variety possessing comparatively large number of root nodules that produced the small number of white females. Such a result suggests the existance of antagonism between causal organism and root-nodule bacteria.

9. In all respects above mentioned, 'Daiichi-hienuki' is the most resistant variety to this nematode. The resistant varieties tested are placed not into the 'resistant' but into the 'tolerant' variety, following DROPKIN (Exp. Parasit. 4, *p. 301*, 1955).

10. After all, it is believed that some ecological features of the resistant varieties are associated with their resistance. These are: (1) Failure of any large number of larvae to survive after entering. (2) Increase in the activity of root-nodule bacteria. (3) Great growth of root system and, in consequence, on above-ground part. These factors were discussed.

モモシンクイガの生態に関する研究†

第2報 モモシンクイガの発生密度について

宮下揆一* 川村英五郎* 池内茂*

STUDIES ON THE SEASONAL BEHAVIOUR OF THE PEACH FRUIT MOTH (*CARPOSINA NIPONENSIS* WALSINGHAM)

II. ON THE POPULATION OF THE PEACH FRUIT MOTH

By Kiichi MIYASHITA, Eigoro KAWAMURA and Shigeru IKEUCHI

緒言

リンゴの無袋栽培にあたりモモシンクイガに対する薬剤防除の効果は，その発生密度と密接な関係を有することが報告[1]されており，実際栽培に於ても青森県の南部地方がリンゴの無袋栽培に成功しているにも拘らず，津軽地方において無袋栽培の実施が困難なのは，全くモモシンクイガの発生密度の多少によると云われている[2,3]。

このようにリンゴの無袋栽培の成否がモモシンクイガの密度の多少に深い関連があり，従つて密度の多少を支配する諸要因が明らかとなれば，無袋栽培の実施上大きな利便が得られるのである。

筆者等は昭和21年以来無袋栽培の確立上必要と認められるモモシンクイガの生態に関し調査を行つているが，発生密度を支配する2,3の要因を明らかにし得たのでここに報告する。

1. 各年各世代に於けるモモシンクイガの発生密度

モモシンクイガの発生密度を示す方法として果実に対する産卵を調査し，産卵果率を求めた。(調査方法は第1報[4]に記載)

その結果は第1表及び第1図のとおりであつて，発生密度は年により，又同一年次においても世代によつて著しい相違がみられる。即ち発生の最も多い昭和27年は発生の少ない同29年の20倍に近い密度を示し，しかも各年の変動が甚だ不規則である。

各年に於ける世代の密度も年次と同様変動が激しい。又9年間の総計に於ては第1世代より第2世代の発生が多いが，昭和24，26，28及び29年の4箇年は第2世代より第1世代の密度が高く，両者の間に有意な差が認められない。

第1表 年別世代別発生密度

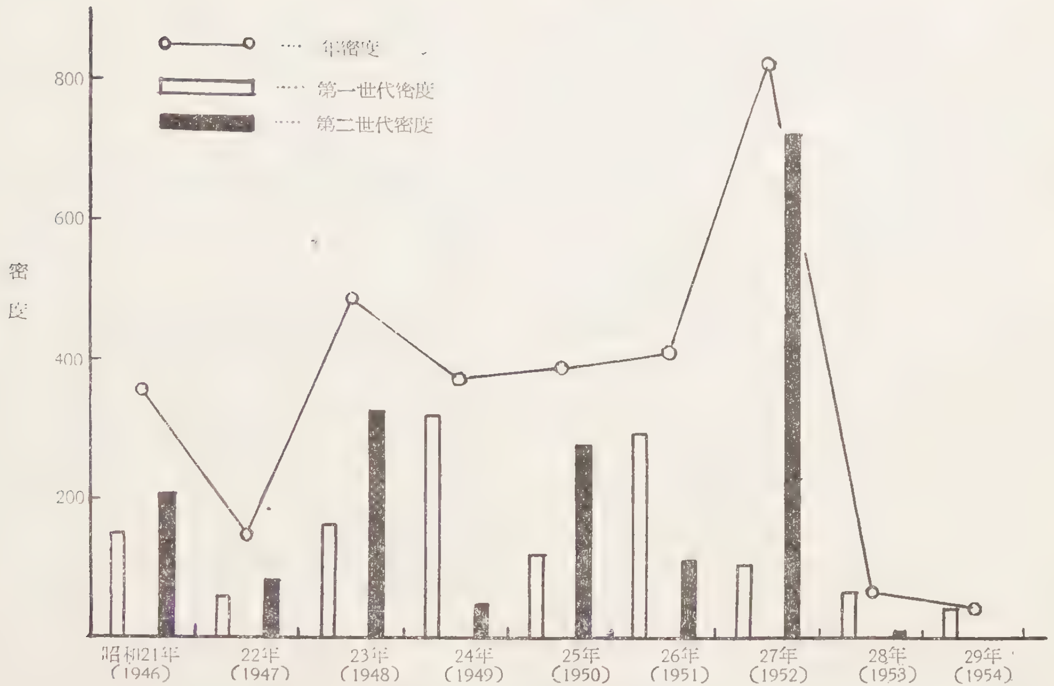
Table 1 Population density of the peach fruit moth in each year.

世代 ＼ 年次	昭和21年	22年	23年	24年	25年	26年	27年	28年	29年	計
第1世代	150	63	165	324	120	298	103	64	48	1,335
第2世代	205	86	327	50	276	116	729	2	0	1,791
年	355	149	492	374	396	414	832	66	48	3,126

備考 本表は第1報の第7表（モモシンクイガの産卵果率計）より引用。

† 昭和30年春期園芸学会において発表したものである。

* 作物部園芸作物研究室



第1図　年別世代別発生密度

Fig. 1 Population of the peach fruit moth from the year 1946 to 1954.

2. 発生密度と気象条件との関係

福島[5] によれば，モモシンクイガの成虫は温度に敏感に反応し，その選好温度の範囲は割合狭く，井藤[9] によれば成虫の野外に於ける活動は18°C 以下の低温では鈍いといわれ，又著者等は前報において低温の年，或いは地方においては発生回数が年1回となることを報じたが，これらの結果より発生密度と温度との間には密接な関係のあることが推測される。

1) 年密度と氣温との關係

いま年密度及びその対数変換値と各月の平均気温（最高最低の平均）並びに各月の平均気温との積算とについて相関係数を算出して併記すれば，第2表の通りである。

以上の結果によれば，発生密度と気温との相関係数は5月及び6月の平均気温の積算との間の0.587が最も高く，一見密接な関係が存在しない

第2表　年密度と気温との相関係数

Table 2 Correlation coefficients between population throughout the year and monthly mean air temperature from April to August.

月	4　月	5　月	6　月	7　月	8　月
年密度との相関	0.138	0.378	0.578	0.435	0.454
年密度と対数変換値との相関	0.064	0.602	0.682*	0.613	0.711*

月	5＋6月	6＋7月	7＋8月	5＋6＋7月
年密度との相関	0.587	0.552	0.516	0.560
年密度の対数変換値との相関	0.775*	0.709*	0.772*	0.756*

月	6＋7＋8月	5＋6＋7＋8月
年密度との相関	0.570	0.560
年密度の対数変換値との相関	0.778*	0.793*

備考　気温は札幌管区気象台の観測による。

ように見えるが，密度の対数変換値との間には4月を除けば，いずれも0.6以上の相関があり，5％水準（n＝9　r＝0.666）からみて密接な関連が認められる。このように対数変換値との間により高度の相関が現われるのは，発生密度が気温の上昇に伴つて幾何級数的な増加を示す傾向があることによるものであろう。

即ちこのような場合には，発生密度の測定値を対数変換することによつて両者の関係がより明瞭に表現されることが知られる。よつて以下の取扱においては測定値の対数変換値を以て密度を表わし，考察することとする。

上表によれば，発生密度は各月の平均温度の積算との関係がいずれも各月単独の関係よりも強く，又2〜3箇月間の積算よりも5〜8月に至る4箇月間の温度の積算との間により強い相関がみられ，短期間の温度よりも，かなり長期間に亘る温度の高低が年密度により大なる影響を与えることが示されている。即ち北海道においては晩春より夏季に亘り高温であればあるほど，年間の発生が多いということが出来る。

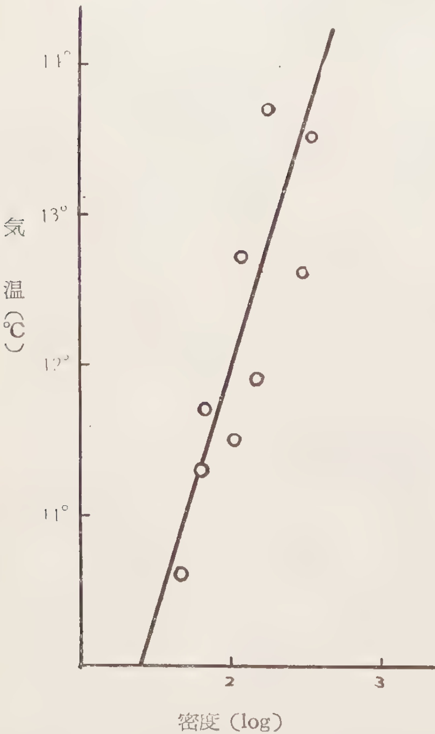
2) 第1世代の密度と氣温との関係

年密度と同様にして第1世代の密度と4月より7月に至る月別の平均気温並びに各月の平均気温の積算との相関係数を求めると，第3表のとおりである。

第3表　第1世代の密度と平均気温との相関

Table 3　Correlation coefficients between population of 1st generation moth and monthly mean air temperature from April to July.

月	4月	5月	6月	7月	5＋6月	6＋7月	5＋6＋7月
相関係数	−0.299	0.821**	0.473	0.122	0.746*	0.427	0.595



第2図　第1世代密度と5月の平均気温

Fig. 2　Correlation between the population of 1st generation moth and mean air temperature on May.

以上によれば密度と5月の平均気温との間には顕著な相関があり，5月及び6月の平均気温の積算との間にも有意な関係が見られる。

尙5月の気温に対する発生密度の回帰方程式を求めると，次式となり，これを図示すれば第2図のようになる。

$$x = -1.583 + 0.301\,y$$

但し x＝第1回の発生密度

y＝5月の平均気温

上式より5月の平均気温と実際の密度（産卵果率計）に換算した発生密度を対比して示すと第4表のようになる。

第4表　5月の平均気温と第1世代の密度との関係

Table 4　Relation of the population of 1st generation moth to mean air temperature on May.

温度（y）	10°C	11	12	13	14
密度（x）	27	54	107	214	428

上表によれば気温が1°C上昇する毎に発生密度が2倍となり，温度の上昇に対し幾何級数的な密度の増加が見られる。

3) 第2世代の密度と氣温との関係

第2世代の密度と各月の平均温度並びにその積

第5表 第2世代の密度と気温との相関

Table 5 Correlation coefficients between the population of 2nd generation moth and monthly mean air temperature from May to August.

月	5　月	6　月	7　月	8　月	5＋6月	6＋7月	7＋8月
相関係数	0.484	0.670*	0.716*	0.637	0.705*	0.760*	0.780*

月	5＋6＋7月	6＋7＋8月	5＋6＋7＋8月
相関係数	0.758*	0.790*	0.760*

算との相関係数を求めると第5表の通りで，第2世代の密度は6月及び7月の平均気温と密接な関係があり，更に又年密度或いは第1世代の密度と同様に各月単独よりも5月より8月に至る気温の積算との間により強い相関が見られる，就中6月より8月に至る3箇月の合計値との関係が最も大で1％水準（$n=9$　$r=0.798$）よりみて極めて顕著な関係が見出される。これは北海道に於いては夏季温度が高いほど第2回の発生が多いことを示すものである。

以上のように第2世代の密度と5月より8月に至る平均気温との間に密接な関係が認められるが，その関連状態は月によつて差異が考えられる。

即ち5月及び6月の気温は前報[4]に述べたように第1回の産卵の早晩と密接な関係があり，その高い場合に産卵が早い。しかして第1回の産卵時期の早晩と第2世代の密度との間には後述するように5％水準で有意な相関が存在する。以上より5月及び6月の気温は産卵時期の遅速を支配することによつて間接的に第2世代の密度に影響を与えていると見なすべきであろう。

これに対し7月の高温は5月及び6月と同様に第1回の産卵を早めるが，更に直接第1世代の幼虫或いは卵に対し影響を与え第2世代の密度を支配するものと考えられる。即ち7月は第1世代の卵或いは幼虫期間であるが，松本・渡辺[7]は高温下においては卵期間が短縮されることを報じ，又季節によつて幼虫期間に長短の見られるのは温度の高低によるものと推定しており，豊島[8]は高温の場合蛹期間が短かいことを観察している。筆者等は前報[4]において7月高温の年は第2回目の産卵が早められることを報じたが，これは以上の諸条件と密接な関連があるものと考えられる。しかして第2回目の産卵の早いことは第1世代の幼虫の脱出の早いことを示すものであるが，後述のように幼虫の果実よりの脱出時期の早いものほど夏繭形成歩合が多く（第8表参照），従つて発生密度が高められることになる。

なお以上の点を確かめるため昭和28年に被害果実を蒐集して温度処理を行い，結繭の種類に関する調査を行つた。その結果は第6表のとおりであつて，30°C に高温処理したものは低温区に比し幼虫の発育が著しく促進され，その結果幼虫期間が短縮して脱出が早まり，且夏繭の形成歩合が高い。これに対し15°C の低温処理区は幼虫の脱出が著しく少ない。以上の結果より7月の温度の高低が第2回目の発生密度に至大の関係のあることがうなずかれよう。

第6表 未脱出被害果に対する温度処理と脱出幼虫の営繭の種類との関係

Table 6 Kinds of cocoons which were spun by the larvae leaving the injured crops treated by the different temperatures.

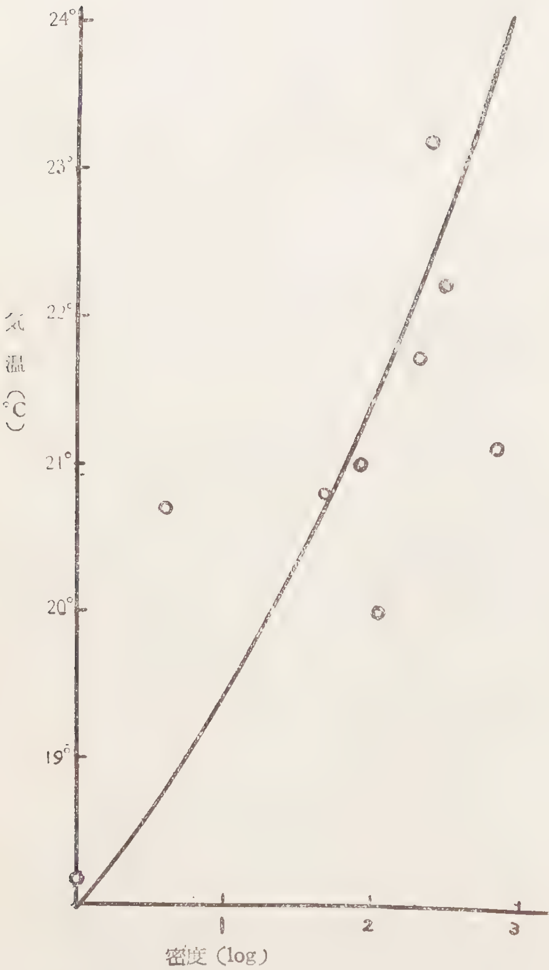
処理温度	脱出幼虫数	営繭数	夏繭数	同　%	冬繭数	未営繭幼虫数	成虫数
	頭	個	個		個	頭	頭
30° C	190	170	134	78.8	36	20	4
22° C	49	39	21	53.8	18	10	0
15° C	15	8	5	62.5	3	7	0
室温	96	92	62	67.3	30	4	0

備考 1） 供試品種「紅魁」各区共95果を供試。
2） 30° C 及び 15° C は定温器，22° C は地下貯蔵庫，室温は実験室内の10時温度 20～28° C。
3） 処理開始月日 7月31日，調査月日 8月10日。

次に7月の気温と発生密度との相関線を求めると次式及び第3図のとおりとなる。

$$x = -25{,}512 + 2{,}123y - 0{\cdot}039y^2$$

但し y＝7月の平均気温
　x＝第2回目の発生密度



第3図　第2世代密度と7月平均気温

Fig. 3　Correlation between the population of 2nd generation moth and mean air temperature on July.

上式において y≦17.9 の場合 x≦0 となり，7月の気温が17.9°Cのとき第2回の発生が零となり年1回の発生となることが示されている。次に7月の平均気温と産卵果率に換算した発生密度を対比して示せば第7表のとおりである。

3. 産卵時期の遅速と密度との関係

既に報じたように[4] モモシンクイガの産卵時期は年次により又世代によつて著しい差異があるが，その早晩と密度につき相関係数を求めると第8表のとおりであつて，いずれも正の相関があり，発生の早い場合に密度が高い傾向が見られ，就中

第7表　7月の平均気温と第2世代の密度との関係

Table 7　Relation of the population of 2nd generation moth to mean air temperature in July.

温度（y）	°C 17.9	19	20	21	22	23	24
密度（x）	0	5.6	22.3	74.5	208.0	485.3	946.3

第1回の遅速と第2回の密度との間には統計的に有意な関係が存在する。第2回の密度を支配する主要な要素として夏繭形成歩合の多少が考えられるが，夏繭歩合の多少は幼虫脱出時期の早晩と密接な関係があり，脱出時期の早いものほど夏繭歩合が高い。

第8表　産卵時期の遅速と発生密度との関係

Table 8　Correlation coefficients between the oviposition periods and the population of peach fruit moth.

第1回の産卵遅速と第1回密度との相関係数	0.455
第1回の産卵遅速と第2回密度との相関係数	0.669*
第2回の産卵遅速と第2回密度との相関係数	0.533

次に昭和27年及び28年に行つた時期別繭の種類に関する調査成績を示せば第9表のとおりである。

第9表　結繭時期による夏繭歩合

Table 9　Percentage of spinning summer cocoons in different periods.

年次 / 調査期間	調査虫数		夏繭歩合	
	27年	28年	27年	28年
7月31日迄	158頭	-頭	95.6%	-%
8月1日-10日迄	1,394	33	78.3	63.9
8月11日-20日迄	468	389	13.9	25.4
8月21日-31日迄	130	1,440	3.1	3.1
9月1日-10日迄	-	72	-	1.4
9月11日以降	-	63	-	0.0

備考　1）7月の平均気温　昭和27年 21.1°C；昭和28年 20.7°C

2）調査月日　昭和27年7月30日，8月5，9，14，18，23日；昭和28年8月7，14，21，28日，9月4，11日

しかして幼虫の脱出時期の早晩は産卵時期の遅速と正比例的な関係が存在すべき筈であり，従つ

て産卵の遅速が第2回密度に大なる影響を及ぼすことが窺われる。

又第1世代及び第2世代の密度がそれぞれ発生の早い場合に多い傾向が示されているが，発生の遅速と密度はいずれも温度の高低と密接な関係があり，しかもいずれも温度と正比例的な相関を示しており，必然的に両者の間に正の相関が存在するものと考えられる。

4. 或る年次及び或る世代の発生密度と次回発生密度との関係

或る年次又は或る世代の密度が前回の発生密度の多少に支配されることが考えられるが，今同一年次の第1回及び第2回発生の密度について，更に第2回の密度と次年の第1回発生の密度についてそれぞれ相関係数を算出すると，前者は r＝0.527，後者は r＝0.436 となり一応正の相関が存在するが共に有意な関係が認められない。年次間に於いても同様で第1図に示されるように前後の関係が全く不規則で，相関係数を求めると r＝0.253 となる。

以上によつて或る年次又は或る世代の密度より次回の密度を予測することは困難ということができる。

要　　約

1. 昭和21年より同29年にわたりモモシンクイガの発生密度について調査した。

2. モモシンクイガの発生密度は，年により又同一年度においても世代によつて著しい変動がある。

3. モモシンクイガの年発生密度と，5月より8月に至る平均気温の積算の間には r＝0.792* の相関がある。又年密度と5月より8月に至る各月の平均気温との間には r＝0.602 以上の相関があり，就中，6月及び8月との間には5％水準で有意性がある。

4. 第1世代の密度と5月の平均気温との間には r＝0.821** の相関があり，又5月及び6月の平均気温の積算との間にも5％水準以上の有意な相関がある。

5. 第2世代の密度と6月より8月に至る平均気温の積算との間には r＝0.790* の相関がある。又6月より8月に至る各月の平均気温との間には r＝0.637 以上の相関があり，6月及び7月との間には5％水準以上の有意性が認められる。

6. 7月の平均気温が17.9°C 以下の年は第2世代の発生密度が零となる。即ち年1回の発生となる。

7. 発生の遅速と密度との間には正の相関があり。就中第1回発生の遅速と第2世代の密度の間には密接な関係がある。

8. 幼虫の脱出時期の早いものほど夏繭の形成歩合が多い。

9. 或る年次又は或る世代の密度の多少によつて次回の密度を予測することは困難である。

参 考 文 献

1. 宮下揆一・川村英五郎 (1952) モモシンクイガに対する石灰液撒布の効果について　北海道農試彙報，第63号，113～116.

2. 木村甚彌 (1949) リンゴの無袋栽培と芯喰虫の防除　青森県経済部指導資料.

3. 福島正三 (1953) モモシンクイガ防除技術の発展過程　農業技術，第8巻，第9号，13～16.

4. 宮下揆一・川村英五郎・池内茂 (1955) モモシンクイガの生態に関する研究 (第1報). モモシンクイガの発生時期について　北海道農試彙報，第68号，71～78.

5. 福島正三 (1953) モモシンクイガに関する生態学的研究. 第Ⅱ報　成虫の温度選好　応用昆虫，第8巻，第4号，149～151.

6. 井藤正一 (1951) リンゴの無袋栽培　新園芸別冊　リンゴ　125～136.

7. 松本鹿蔵・渡辺琇 (1927) 桃姫芯喰虫に関する研究　岡山県農試臨時報告，第26報.

8. 豊島在寛 (1931) モモシンクイガの生活史について　青森県農試成績，第26号.

Résumé

Investigations have been carried out during the past 9 years from 1945 on the population of peach fruit moth. The results are as follows:

(1) The population of the moth varied strikingly by the different years and by the different generations in the same year.

(2) The correlation coefficient between the

population throughout the year and the total mean air temperature from May to August was as follows : r = +0.792*. Further, between the population throughout the year and the mean air temperature of each month from May to August, the values of correlation coefficients were much greater than 0.602, and especially the correlationship between the above mentioned population and mean air temperature in June and in August were significant at a higher level than 5 % statistically.

(3) Calculating the correlation coefficient between the population of 1-st generation moth and mean air temperature in May, it was 0.821**; also between the same population and the total mean air temperature in May and in July the coefficient was recognized to be significant at a higher level than 5 % statistically.

(4) The correlation coefficient between the population of 2-nd generation moth and the total mean air temperature from June to August, was calculated as follows : r = +0.790*. Further, between the same population and mean air temperature of each month from June to August, the coefficients are much greater than +0.637 ; the correlationships between the same population and the mean air temperature in June and in July were recognized to be significant statistically.

(5) In the year when the mean air temperature in July was below 17.9°C, the population of the 2-nd generation moth became zero, consequently, the number of the generation is only one for that entire year.

(6) There is a positive correlation between the periods of appearance of the moth and the population ; the period of appearance of the 1-st generation moth was closely related to the population of the 2-nd generation moth.

(7) The earlier the period is of leaving from injured crops of the larvae, the higher becomes the percentage of spinning of the summer cocoons.

(8) It is difficult to estimate the population of the next year or of the next generation, owing to the appearance of the population of the previous year or of the previous generotion.

「半農半漁」形態の史的考察

天 間 征*

A HISTORICAL STUDY ON THE DEVELOPEMENTAL STAGE* AND THE CHANGING PHASES OF "FISHERIES-AGRICULTURAL HOUSEHOLDS"

By Tadashi TENMA

1. 問題の所在

従来「半農半漁」という用語に関する概念については未だ科学的に確定されているとは言えない。近年漸く学会においてもこれに関していろいろな批判を与え，これが確定に努力しているもののようである。すなわちその代表的なものとして羽原又吉氏によると「統計などで，単に半農半漁などと云つて，農民乃至漁民の副業位にみているが，その性格の本質的相違を知ることが凡ゆる意味において大切である[註1)]」と。「半農半漁」なる概念規定に対し，その性格の本質的究明から出発しなければならないことを指摘している。

而してこの見解はかねがね筆者の考慮していた点を最も端的に示唆してくれたものである。筆者は羽原氏の言う本質的な相違の究明をその歴史的展開の系譜をたずねることによつて最も良く理解することが出来ると考えた。

このため筆者の企図したことは「半農半漁」という形態を作り出した夫々の時代の漁業の経済的な性格及び農業部門を漁家経済の一部に引き入れようとした社会的諸条件との関連においてその本質を見究め更には「半農半漁」の動向をも併せ解明しようとしたものである。

註 1) 羽原又吉（1954）日本漁業経済史　上巻．P.37

2. わが国における「半農半漁」発生の態様

「半農半漁」を歴史的にみた場合，2つの範疇が明らかに区別される。すなわち第1は農民から由来したものであり，第2は漁民から由来したもののこれである。

多くの「半農半漁」にあつては，単に事業の1型態としての域を出なかつたであろうが，しかしその中には，漁業と農業との間の過渡的な形態としての意義をもつものもあつた。

この間の職業転化は，必ずしも「半農半漁」の段階を経過することを必須条件とはしないが，かかる形態を経過し，次第に専業化していつたものの存在が，史実に徴しても明らかにみられる。

農民から由来した「半農半漁」はおよそ次のように説明されている。

「当時（徳川中期—引用者），漁業に従事した人人は漁民だけかというに，必ずしもそうではなく，沿岸農民の若干，また時にはその大部分も自然条件が許せば一定の漁業だけには従事する場合のあるのが普通で，いわゆる半農半漁の農村というのがそれであるばかりでなく，地方によつてはそれが旧幕時代における漁業なるものの支配的形態であると同時に，それがまた封建社会のもつ漁業の本質的特徴と考えられないことはない[註1)]」と。

現在の農漁撈形態というものの発生は，移住域[註2)]は先住の漁民と，上に述べたような地方百姓から由来したものによつて構成され，特に後者は「地方によつては旧幕時代における漁業の支配的形態」でもあつた訳であるから，産業所属の不分明な当時にあつては，「半農半漁」形態こそ，この期における急激な漁業生産力の発展と考え合せて，農民の漁民への転化の一契機を具えていたものと考えられる。

勿論，当時の重農主義政策による貢納確保のた

* 農業経営部経営第1研究室

めの農民の職業転化の禁止[註3]，封建的な漁場制度の桎梏と，専業漁民（浦方百姓）の抵抗[註4]，漁場慣習等は，容易に農民の漁民への転化を許容するものではなかつたが，士農工商という枠の中で，漁民，農民ともに，「百姓」の名の下に呼ばれていた時代にあつては，他の場合に比し，相対的にに転化の可能性のある地位にあつたとは考えられる。事実，対馬における事例によると，このことは次のように明らかにされている。即ち，

「文化年代，年寄中より郡奉行宛に提出した文書中には“御国儀ハ田地少ク百姓ニモ自然ト漁事ヲ許シ被置候形ニテ”とあり又“百姓共漁事ニ傾キ候儀ハ不宜事ニ候得共，鰯網等仕馴候者ニハ随分心掛候様ト下知有之度ハ（中略）是非致セト申ニハ無之云々。其外鯛，鰤網等ノ漁事ハ漁戸ノ業ニテ，百姓ノ致事ニ無之，是等ハカタク差留候，只々鰯網，魴立切網，折網等ノ漁事仕馴候ニテ心掛ケ時節ヲ不失義第一ノ事ニ候[註5]」と。

この外，徳川幕藩制の農業立国主義に基づく，貢納としての米に対する苛斂誅求，それと表裏する農業生産力の停滞，商品経済の進展等は，漁介に対する大衆の嗜好増大とともに，一部沿岸農民を，漁業へといざなつたことは見易い事実であろう。この点については，次の引用にも明らかにみうけられる。即ち「ところが元禄以降，水呑，下人など極めて零細な農地しかないものあるいは土地のない農民があらわれてくる反面，高持百姓も発生し，農民層の分解は顕著になる。海辺の農村では副業的というより自給自足の経済を維持するための漁業が今や専業化せざるを得なくなつてくる。そして漁村として専業的に漁業をなしうる免許を出願するに至る[註6]」。

少しくその経過をみると，徳川初期までは農民と漁民とを区別し，夫々専業として行わしめていたが，中期以降になるとその制限は次第に緩んできたようで，当初は魚汁，魚粕といつた自給肥料の補給を目的とする限りにおいて許されたものであつた。

対馬佐野網についてみると「……肥料を自由に得るを以て農獲の充分なるを甘んじ，決して危険の業を修励せざるなり，尤も半農半漁にしては両途共に挙らざるを以て，旧時より漁事は他邦人を雇入れ，精業せしむることに定められたるなり[註7]」とあつて，地方百姓の漁業従事は，農業生産の低下，ひいては貢納の減少を齎すものと考えられ，当時の重農主義を如実に表していると同時に，農業生産の増大を齎す場合には漁業を許可したというが大勢のようである。

中期以前の各藩の漁業政策は，おおむね，専業漁民（海部部民）や他国からの漁業出稼などを誘致して，これらによつて漁業開発をさせるという方針を続けたが，次第に広く磯附村の発生がみられるようになり，農民の漁業制限の緩和は，まず漁業種類の選択許可（鰯網，魴立切網，折網）にみ出され，農閑期利用の漁業である限り，これらの漁業を行うことが可能となり，零細な農民の特に多い沿海地域の農村においては，村の地縁，血縁的な関係或いは封建的な農業構造を利用して，いわゆる「村張り」，「網組」といつた一村の集団的共同組織によつて行つた場合が多いようである。

この場合の漁業の構造は，通例村落内の高持乃至富豪が経営体となり，村方が漁業労働者としてそれに参加する形態が多く，これが現在まで続いている地方もある。

なお，このような共同体漁業が行われたのは，鰯地曳網，八駄網，鯛縛網，鰤，鮪大敷網，鯨，海豚網などである。

一方，漁民から由来する半農半漁はどうであろうか。

「然るに浦方，即ち漁民についてみると，かなり様相が異なる。漁民の場合は生活の基盤がどこまでも漁業である。従つて名実ともに漁業を以て生業とする漁民，つまり普通にいう漁業の専業者は，たとえ自然条件が農業に可能であつても殆ど農耕生活に移行せず，専ら漁業によつてのみ生活を維持し，これを固着する[註8]」と説明されているように，本来的に漁民の社会的性格は，農業を始めとし，他の業種への職業移動を緩慢なものたらしめ，又当時の農業と漁業との開発の程度の差異などからも，漁民からも積極的な転化は，一般的ではなかつたようである。

要するに旧幕時代の主たる漁業は，専業漁民によるものよりも，半農半漁的漁業段階にあつたものであり，「漁民としての漁業は特別な場合を除き，まだそれほどまでに発達せず，前者のかげにかくされていた段階にあつた[註9]」とさえ断言されているのである。

註 1) 羽原又吉 (1954) 日本漁業経済史 上巻 P.36

註 2) この点に関しては前掲書36頁には次のように説明されている。即ち藩政時代の漁業生産の主体はいうまでもなく，士農工商の農民層であるが，当時この階層の人々を百姓と唱えた。
ところで沿海領域をもつ各藩では，百姓を分けて陸百姓と浦百姓とに区分し，行政及び施設の上に大なり，小なり違つた藩政を行つていた。というのは両者産業の質的相違からくる当然の方策であつたと考える。そして藩により，地方によつては前者を地方百姓（例えば長州藩），岡方（例えば房総）というに対し，後者を浦方（例えば長州藩），浜方（例えば房総）といい，これを人の面からいうと，前者が農民，後者は漁民となるのである。

註 3) 1，例えば寛政3年3月松浦肥前守鎮信の掟書によれば「百姓の儀は不及申在々に居来り耕作仕候程の者，鯨船並に猟船に断りなく乗間敷候但耕作年貢等相仕舞暇有之時は其の村代官より札を遣はし猟に遣い可申候事」とある。
2，同様のことは寛保3年の周防国大島郡等の立浦，端浦に係る鰮網漁業争論についての領主裁許の一節に，「一地方百姓共耕作可出精段勿論に候へ共，海辺の義は耕作暇漁之業をも於仕は官の筋にも相成事に候条，漁仕来処の義は，浦方の妨に不相成様其磯において漁業可仕候，雖然地方の漁業強て相盛候時は耕作自ら無に成行候，浦方の義は夫と違い，漁業衰へ候へば他の稼無之及餓段眼前に候条，地方，浦方共此筋を辨へ其本業可入力に候，依之往古より地方網主立浦の者共度々及争論候節も其の趣を以て裁許相成たる事に候条，自今，立浦端浦網代，網論等有之候共，右の心得を以て御代官捌方の可有沙汰候，其所の広狭又は貧富を以て於御代官所宥免之筋於之は，大法小恵の儀に候条其心得肝要の事」
3，更に土佐藩では地方百姓の漁業に従事することを禁止する命令を出している（前掲経済史 P 41)。これらの諸制限政策の存在は，これを裏からみれば，当時種々なる地方で農民による漁業が，かなり一般化していたことを表すものである。

註 4) この点については潮見俊隆 (1955) 漁村の構造 PP.109〜110によると，
臨海の諸部落でありながら，漁業を営んでいなかつた「地方」部落も次第に自村の地先海面を漁業部落である「浦方」から奪取し，一定の漁税を封建的支配者に収めることによつて，地先海面の占有という事実を確保しようとするに至つた。徳川期における漁場争いの一部分はこのような漁場再編成の要求と，その阻止という形をとつて表われてくるのである。

註 5) 羽原又吉「前掲書」P.126

註 6) 漁業経済研究　漁業制度と漁場紛争　2の2 P.26　水産事情調査所

註 7) 羽原又吉「前掲書」P.126

註 8)　〃　「前掲書」P.36

註 9)　〃　「前掲書」P.127

3. 北海道於ける「半農半漁」発生の態様

しかしながら1に於てみられた事情は，府県に於ての事であつて，場を北海道にとつてみると，農民由来の「半農半漁」に比し，漁民よりのものが支配的で全く逆な事情が明らかにみられる。

北海道は，府県の重農主義政策に対比して漁業立国的色彩にぬりつぶされ，藩政もその殆どが漁業政策に向けられていた。松前藩の財政は，府県諸藩が貢納としての「米」に主として依存していたのに反し，漁獲物就中，鰊，鮭，昆布等に代表せしめられる。

つまりその財源としては，1) 蝦夷交易の利益，2) 和人地住民に対する課税，3) 沖の国役銭（内地より出入の商船並びに旅人に対する税），4) 直営地よりの収入（採金，鮭場，鱒場，伐木）などに求めたが，就中蝦夷交易の独占権を立藩の基礎として自ら行使し，又家臣へも分与した。[註1)] 従つて「藩主，藩臣の知行は本藩では内地の田畑とは異なり蝦夷交易の対象となる場所を以て充当し，和人地の収税と共に，蝦夷地にてはかかる場所に於て蝦夷とその産物を交易することによつて生活を維持しなければならなかつた。[註2)]

その後，府県商業資本の本道における活動が活潑化し，松前藩権力に対する商業資本の寄生という形をとりつつ，前記場所を自己の掌握下に齎し，[註3)] 所謂場所請負人として登場してくるのである。

広大な蝦夷地各場所も，彼等商業資本の下では，以前の単なる交易の場所たるに止まらず，次第に (1700年代) その前貸資本的機能を通じて，蝦夷（アイヌ）の直接的使役による絶対的剰余価値の獲得なる方向に移行した。

これら場所請負人の機能は単なる高利前貸資本として止まらず，松前百姓を始めとし，蝦夷に対しても，金，鉱，米，塩を始めとし，食料，日用品などあらゆる生活物資の仕込にまで及び，彼等を漁業一筋に追い込み，[註4)] 対価として鰊，鮭を主とする漁獲物と狩猟品を受け取り，内地市場に売りさばくという二重，三重の利益を収めていたものである。

従つて，請負人にとつてみても重要な交易手段

たる農産物の漁民による自給は，直接的には漁獲高の低下と，間接的には食糧品の交易手段としての価値減少という2つの点から喜ぶ傾向ではなく，このことは当然松前藩財政に及ぼす影響も大であつたから，その農業政策も至つて消極的なものに終始したのみか，水田造成の禁止[註5)]さえも行つたのである。

しかし，これ等の消極的政策にもかかわらず，「前」松前藩時代末期（18世紀後半）より，定着漁民増加し，更に和人地たる江差地方にあつて，天明2,3年頃より鰊は漸次薄漁[註6)]となり，「追鰊漁夫」として蝦夷地への出稼を増加し，時を同じくして，この頃始めて本格的な「半農半漁」形態が出現するに至つた。

即ち寛政9年の記録によれば，松前地方福島村より石崎村に至る28箇村中福島，知内，箱館，厚沢部の4箇村を除く24箇村に於て粟，稗，そば，大豆，小豆，野菜などの作付がみえ，[註7)]かくして鰊漁の最も盛んであつた松前西在にも耕作起り，それらの村の中には完全に漁業から農業へ転化した部落も生じるに至つたのである。[註8)]

この外「檜山郡の水田は天明，寛政年間漁業を目的として移住した漁民により開墾され，利尻郡鴛泊村の農業は寛政年間藤野四郎兵衛外2,3の漁民，福山地方より大根，蕪菁等の種子を持参し，自家用として栽培せしを始めとし[註9)]」という記録もある。そして次第にこれら沿岸漁民をして農業にかりたてた重大な契機は「以前漁業盛なる節は野菜も作らざりしが近年不漁なりしゆゑ追々畑作もするよしなり[註10)]」と説明せられ，これと合せて沿岸消費都市の形成と農産物に対する需要増大があげられよう。

特に注目すべきは，この期（前松前藩時代末期）のこの種農耕の中には自家耕作のみならず，商品生産的地域さえも出現しているのである。「それは本期農業展開の内容として発展的程度乍らも特に一際目立つ所で西海岸の上下及部村，南海岸の石崎が即ち夫であり，下及部の如き元来漁村であつたものが不漁の為に農耕専業の村となり，福山（後の松前町）城下随一の農産物市場と化し，其の販売年額も170両に及んだという[註11)]」。

註 1) 「蝦夷より収納無之銘々（知行主）より夷人に向申候品を船積にて差越雑物替いたし申候て其の利金取申計のよし」松前蝦夷記。

註 2) 南鉄蔵（1954）「北海道綜合経済史」P.47

註 3) 1,「商人船に運上を取り，その場所相渡し申し有之」地北寓談。

2,場所請負とは，希望する「場所」を松前の商人ども其の地頭（知行主）へ願い出で，蝦夷を介抱致し，運上金若干を献せんと云ひ其の場所の広狭富乏に困つて運上金を取揚て是を租税とする 蝦夷草紙。

註 4) 交易品は松前西蝦夷地よりは「干鮭，鰊，数の子，串貝，ねつぷ，あざらし，熊皮，鹿皮，塩引，石焼鯨，鶴，魚油，急ふりこ」松前東蝦夷地よりは「干鮭，干鱈，熊皮，鹿皮，真羽，しつこ皮，鯨，鶴，塩引，塩，赤昆布，魚油」松前蝦夷記（享保2年）1717。

註 5) 蝦夷地での水田耕作は元禄，享保，元文，延享，明和，安永等100年以上に亘つて，夫々試みたものであつたが，多くのものは失敗に帰したが，仲にはかなり良好な成績を収めたものがある。従つて松前藩は水田耕作は土地に適せずとして禁止したという（天明年間頃）のも，その禁止の裏には場所請負人との種々なる利害関係による点もかなり大きいものと思われる。

「安永中松前侯楽津軽民開墾其福島初年不稔，明年稍熟又明年飢饉，絶無所穫，則其君民皆謂，松前不毛之地，不宜米穀，農耕地無補於国家自之禁民耕作」（水戸彰考館編修 豊田亮北島志）（嘉永7年 1854）

註 6) 天明寅（2）年より不漁致し候よし当年拾七ケ年程に相成其以前は松前近辺迄鯡寄候よし畢竟鯡業多く相成候故にも有へきや当時松前の辺鯡なく追鯡と唱え蝦夷地へ漁業稼事故欠脚も多く相成候よし 蝦夷地見聞録。

註 7) 松前藩士高橋壮四郎外3名（寛政9年 1797）松前東西地理。

註 8) その例は，東蝦夷地道中記（寛政3年 1791）に次のように記されている。

家数三拾軒余……里人耕作専一とす……素浜にて海産もなし近年鯡漁一向になく農業を第一に心得多分は網も不持西北は山にて平地もなく山の端，沢の狭地に作を起す。

註 9) 農商務省（大正9年）漁家副業に関する調査

註 10) （寛政9年）蝦夷地見聞録

註 11) 南鉄蔵（1954）北海道綜合経済史 P.171

4. 明治以後に於ける北海道漁業の推移

―特に農兼業との関連において―

明治初期における漁場制度の変化のうち，特筆さるべきは，場所請負制度の廃止と漁場所有権の確立である。

既に3で触れた如く，かつては幕藩制権力と結合し，その強大な支配力を具えた前資本主義的漁業資本も，幕末以来次第にその地域的権力基盤を失ない沒落或いは分解をとげ，沿岸漁民を結び

合せていた紐帯は切れ，開拓使の設置と共に，数多くの独立小漁民が発生したのである。ここに於て北海道の「半農半漁」型漁民の本格的な，そして広範な発生の契機が見出される。

即ち明治2年，北海道開拓使が設置され，北海道開拓が新政府の重要な施策としてとりあげられるに及び，その政策の基底はあくまでも植民にありとして最も力を尽したのであつた。

維新後の開拓使の積極的移民奨励をまつまでもなく，天保の凶荒以来和人の北海道に移住土着するものの数は増加し，又第2次幕府直轄時代(1807～1820）に行われた拓殖奨励策によつても和人の移住，出稼が激増したが，彼等の殆どは漁撈に従事するものであつた。

しかしながら彼等移住者は，漁場持の沿岸一帯の広大な漁業権の独占によつて「漁民は勿論，その他の人民亦請負人の鼻息を窺い，いたずらに営業する実状であつた」[註1]とさえ云われている。

併しながら，不動とさえみえた漁場持の漁業独占も，幕藩封建制の解体と共に急速に崩壊を示し，長く沿岸漁民にとつて，又北海道開発にとつて，その桎梏となつていたこの制度慣行は開拓使によつてとり除かれることになつたのである。

即ち，次第に助長された彼等の専権が，新政府の開拓方針に種々の弊害を与えていたが，特に従来「場所請負人が他人の入稼を拒み自己の利益を独占すること余りに甚だしきこと」によるものであつた。その結果，明治2年9月，「場所請負制度は前代からの発達に係り，積年の旧弊多くこれに伴つて進歩せる時勢に適せず，到底開拓使の新政と両立すべきに非らざるを以て断然請負人を廃止することに決し，場所を返上せしめ，その独占を打破して全道沿岸漁場を開放し」[註2]たのである。

かくして漁場請負制度の廃止と共に出願者には無償を以て漁業権を与え，漁民の土着を奨励すると共に漁業資本金貸与規則を設け，地方の事情を斟酌して資金貸付を行つたのである。

特に明治5年9月に発布された北海道地所売貸規則について，関係事項を拾えば，内地人は永住，出稼の別なく其の使用していた居小屋，漁舎，倉庫敷地或は社寺及び墾成した従来の拝借地は境界歩数等を改めた上で無償で地券を渡し，永く私有地とし（第1条），海産干場は永住人の使用するものに対しては私有，出稼人の使用するものに対しては拝借地と規定し（第3条），従来の土地使用者の権利を確認したのである。

その結果，定着漁家の増加は著しく，「今や，一般住民に漁業を免許され，且つ勧奨頗る厚かつたので旧請負人の雇人を初め，志望者続出して漁場の割渡を受け，その数連年増加した。明治14年全道在住職業人員約125,000人中，漁業従事者は約47,500人を占め，総人員の38％に当つていた」[註3]と云われる。

このように漁民の定着，小独立漁家の形式が行われたこの期に於て，又それらの地域に於て広範に漁家の農耕がみられてきたのである。

ここで，明治初期における漁家の分布をみると，自移民の定着が既に顕著にみられたのは，鰊漁業地帯たる西海岸，特に後志国の沿岸及び渡島地方でこれらの地帯は「生計比較的容易であつた」と云われている。特に寿都，岩内，余市，小樽の発達が著しかつた。

石狩国及び天塩南部の沿岸にも多少の移住がみられた。根室，釧路沿岸は漁場持と官の移民によつて占められ日高地方は昆布の産多く，有望視せられていたから，開拓使は明治3年この地を直捌とすると共に移住奨励等を講じたのである。

かくて，明治10年頃までには，北海道沿岸の西半分の漁場は大体開発せられるに至つた。

特にここで注意を向けるべき点は，北海道に於ける本格的農業開拓は，沿岸漁場の分割完了以後始めてその緒について行つたということである。つまり北海道といえば「鰊漁業」と観念せられていた時代において，当初移住者の殆どが，先ず漁業を志向したのは見易いことで，明治14年に至るも全道産額の76％が水産物によつて占められる情況で，開拓使は開拓の本格的主体としての農耕を奨励し，水産偏重を改めんとしたが，やはりこのためには若干の時を待たねばならなかつたのである。

さて，明治以来の漁家数の推移を第1表によつてみる[註4]と，漁業経営体数は大正中期を峠として一時減少の傾向がみられるが大凡そ横這いの状態にあり（4万～5万の間）明治末期には既に出揃つていたものと推察される。戦後になると兼業漁家の著しい増加が目立ち，以前においては専業が遙かに多かつたのに比し対蹠的である。

漁家の兼業内容については古いものについて

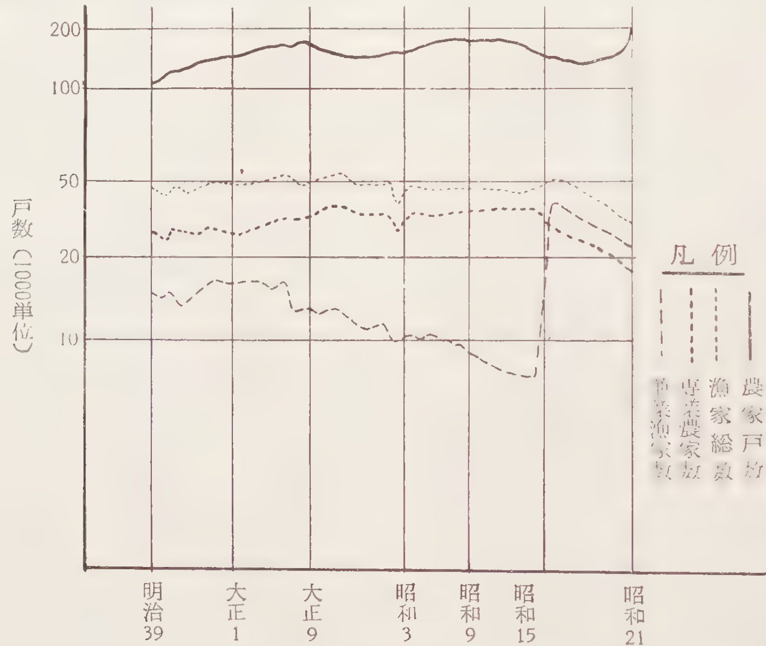
は，はつきりしていないが，農兼業が主位を占め　　ていたであろうことは推察される。

第1表　漁　家　数　の　推　移

Table 1　Change of number of fisheries household.

	明治19年～21年	明治40年～42年	大正5年～7年	昭和1年～3年	昭和10年～12年	昭和24年
（実　数）						
専　業	9,900	27,619	32,389	33,624	38,486	13,459
兼　業	9,322	15,155	16,986	11,096	8,456	23,971
総　数	19,222	42,775	49,376	44,721	46,942	37,430
（百　分　比）						
専　業	100.0	278.9	327.2	339.6	388.7	135.9
兼　業	100.0	162.6	182.2	119.0	90.7	257.1
総　数	100.0	222.5	256.9	232.7	244.2	194.7

備考　北海道統計書より作製



備考①（大正7年以降は千島を含む）　②昭和15年以降は推定値

第1図　漁　家　数　の　推　移

Fig. 1　Change of number of fisheries household by full-time and part-time.

即ち，第2表で明治19年～21年の3箇年についてみると，その平均で6,000余りの農兼業漁家があり，これは当時の全漁家の31％に当つている。ところが昭和24年についてみると，（第一次漁業センサス）38％となつていて，この所謂「半農半漁」というものが明治以来比率の上では大差なく，一貫して漁家兼業の主位に立つていることを知るのである。

この漁家による農兼業がその比重を減じていないという事実はこれをどのように解釈すべきであ

第2表　漁家の農兼業の推移

Table 2　Change of number of fisheries household self-managed agriculture other then fisheries.

区　別	明治19～22年		昭和24年	
	戸　数	割合％	戸　数	割合％
専　業	9,900	51	13,459	36
兼業（農業を除く）	3,282	17	9,819	26
農兼業自営	6,040	31	14,152	38
総　数	19,222	100	37,430	100

備考　北海道統計書及び第一次漁業センサス

ろうか。

農業に比して，漁業においては外部資本の流入が顕著であり，又，資本の有機的構成の大小が，即ち経営の優劣として機能することは，近年の漁船の動力化，沖合漁業化を通じて顕在化し，漁業独占資本の存在が明確に現れている状態の下で，大多数の零細漁家層が，顕著な資本主義的分解を示していないという事実から「半農半漁」は，正に歴史的に強固な存続の論理を自ら保有して，資本主義的諸法則の貫徹に一つの modify を与えているかの如くである。

大多数，零細沿岸漁民層の沈滞的な傾向と「半農半漁」の歴史的な存続傾向とは，一聯の関聯，特に相互依存的関係があるものと思われる。

一方，明治に入つて急速に発展した農地の造成は，当初は，沿岸地域特にかつての場所を中心として伸張したが，明治20年代以後に入ると，開拓者は直接奥地の平坦肥沃地を志向するに至つた。勿論これらの開拓の主体は，開拓使による農業移民であるか，又，沿岸漁民の農民への転化の存在することも見逃すことは出来ない。

既に述べた如く，明治初期における漁場請負制の廃止は多くの独立漁家の形成を齎したが，その結果は多数の零細漁民の濫立を招き，古くから開けた道南部では，明治中，末期既に相対的過剰人口が顕在化していたため，当時未だ開拓途上にあつた農業に転化するものが表れて来るのである。即ち，その例証を北海道統計書に求めると，「明治40年現在水産業戸数44,355，人口187,352なり，而して之を前年に比すれば，戸数は410を増加せしと云えども，人口は922を減少せり，蓋し其減少せしものは専業者にして,近年薄漁のため，農業を兼ねるもの多きに至れる結果なりとす」と云われるように，明治中期より大正にかけては，専業漁家の農耕を行うものの増加と同時に全道的な漁家戸数の増加傾向とは別に，地域的な漁業過剰人口の一部が，農村へと流出して行くのである。

沿岸漁業の，次第に増加せる過剰人口化の傾向は，漁家層の直接的な漁業外への析出という分解方向を辿らずに，兼業化，それも当初においては特に農耕兼業という型で対応し，更には漁家従事者（家族労働）を漁業外に流出せしめて，適応しているところに，漁業における階層分解の特色が存するようである。

結局，漁業と農業の相互関係は，個別漁業経営が，一つの unit として，農耕業部門を拡大して，次第に農家に転化するという形をとるのではなくて，過剰漁業労働力の析出という形をとつて，云わば内面的交流を行うのである。

最後に，「半農半漁」を農業（家）の側からみよう。

明治20年以前では，開拓移民の多くが沿岸地帯に入殖していたという事実から，入殖当初の開拓経営の未確立期に於て，自己の再生産を維持するためには，どうしても農業外の兼業に依存せざるを得ず，その上，第二次産業の未発達，未成熟の当時においては，漁業こそ唯一の雇傭能力の大なる分野であつたのである。その日の生計にも事欠く開拓民が，漁業労働者として季節的に雇傭されたであろうことは見易い事実であろうし，又一部には，自ら漁業部門を経営内に有していたものもあつたであろう。

しかしながら，彼等開拓民にとつては，その最初から農家として入植したものであり，経営が安定化すると共に兼業部門を切り離すことも亦当然であつたであろう。そして，資本主義の滲透と共に漁業兼業のウエイトは低下し，兼業の種類内容も変化してゆくのである。

註 1),2) 北海道庁編　新選北海道史　3巻　P.150
註 3) 前掲書　P.469
註 4) その間，調査方法の変化があつて専業漁家，兼業漁家の内容及びその範囲もかなり時代によつて相違があつてその直接比較は信頼度が低いが大正以降は調査方法も割合詳しくなり，専業，兼業漁家の分類も明確となつている。

5. わが国に於ける漁業政策としての勧農政策

旧幕時代における諸藩の政策をみると，漁民に対して積極的に耕作を勧めたり，又農民に対して漁業を励めたりする段階には未だ至つていなかつたが，一般的には農民の漁業は既に 2 で触れたように，封建制の基盤である自給自足経済を維持し，高額なる貢納を得さしめるものとしてのみ許されていたわけで，漁家，農家両者の，村落内における調和を考慮し，浦方百姓には漁師身分を与えて漁業を許し，地方百姓には肥料藻や自給のた

めの小魚の採捕は許しても，漁船を持つたり，網をもつたりする漁業は許さないというのが，封建領主の最も一般的な政策であつたのである。

これは貢納＝米の減少を恐れるということと，漁民保護という二面的性格をもつものであつた。

このような漁民以外による，本格的漁業の制限という施策にも拘わらず，漁業生産の豊凶性は，漁民の経済を極度に不安定なものたらしめ，これに反して農民の漁業は相対的に安定なものとなつていつたのであつた。

「半農半漁」の経済的な安定性は，旧藩時代から既に広く認められていたものであり，後には積極的な勧農政策となつて表れるのである。

当時における「半農半漁」の地域的な発生の事情や，その実態を割合詳しくあつかつたものに「旧藩時代の漁業制度調査資料，水産調査資料 第3輯」（昭和9年）がある。今これによつて地域の事情の一斑をみると，和歌山県西牟婁郡においては，「西富田村各大字ハ男子ハ漁業ヲ専ラトシ，家族婦女子ハ農事ヲ営ムニ依リ生計上困難スルモノ少シ」。「南富田村大字中ハ従来地曳網ヲ重ナル漁業トス。漁間ニハ農ヲ営ミ，婦女子ハ専ラ農ニ従事シ，傍ラ布織ヲ業トセリ。又夏秋ノ頃ニ至リテハ男子垂釣或ハ縄釣ヲナスモノアルモ僅々ノ業ナリ，又網主ト引子ハ共ニ等シク漁事ニ服セリ。其漁事ハ兼業ナルヲ以テ生活上困難スルコト少シ」。又同県日高郡に於ては「印南村大字津井ハ，モト農業ヲ主トシ漁業ハ耕作間ノ兼業ニシテ僅カニ地曳鰯網一帳ノミナリ，古老ノ口碑ニヨレバ寛保，延享ノ年代ヨリ継続シタリシガ，安政元年ノ海嘯ニ流失，廃絶セシニ其後再興シ現時尚継続セリトイフ」。

当時の如く，漁業生産手段の未発達な時代に於ては，漁業は沿岸に固着していたから，その漁獲も相当に変動に富むものであつたろうし，専業としてよりは兼業としての漁業の方が安定していたのであろう。

ともかく，この時代には一貫した保護政策というものは見当らないようである。このことはまた，現在に於ても然りで「農家はその政治的発言力の強さの故に，政府としても常に農家の保護政策——実質は一部上層農家のそれになるとは云え——を考えざるを得ない。然し，漁家はその弱さのために全く放置され，国家の経済政策のしわ寄せは全部漁家の上にかぶさつてくる[11]」とまで論断されている。

極く大雑把にその後の漁政をみると，明治以後に於ては相対的な漁場の縮少，沿岸漁業生産の不振，漁村に停滞する過剰人口という悪条件を累積した漁業において，その解決にとられた政策は，まず朝鮮出漁奨励という漁場開拓政策であり，漁民の移民政策であつた。

これらの政策はいずれも根本的な救治策とはなり得ず，第1次大戦以後の不況期に入ると，農業においてもそうであるが，漁業においても，農山漁村安定対策として積極的な副業奨励政策が行われ，特に勧農政策が重要な漁政として登場してくるのである。

この点に関しては，農務省農務局の行つた「漁家副業に関する調査」（大正9年）に詳しいので，これによつて概略を知り，又それに附随する具体的な勧農策を考察しよう。

この調査において副業としては，水産的，農林的，手工業的，雑の4つの副業に分類されており，就中農林的副業の内容には，穀菽類，蔬菜類，果樹類，花卉類，飼料類，工芸作物，農産製造，畜産，養蚕，林業等になつていて，全く多彩な「半農半漁」形態が各地に展開されているのをみる。

当時（調査時たる大正6年）における漁家の農林副業の一般的趨勢として次のように記されている。

「近時一般漁業経営状態の変遷と各種食料品の昂騰に従い，漁家の斯業に従事するもの益々増加の傾向を呈し，その極めて極端なるものにありては，副業の地位を脱して半農半漁になれる地方或は主副位置を換え，却て漁業を副業となせるもの稀なりとせず，殊に食料の自給，蔬菜の栽培著しく面目を改め，いたるところ採種圃又は試作地を設けて優良品種の普及統一を計り，又養豚，養鶏等の勃興は各地に顕著なる例あり，その他果樹類の栽培及び養蚕業の改良発展に伴い，この種副業は著るしく増進の趨勢を呈せり」と。

以下，漁家の農業を地域によつて，その内容をみてゆこう。

さて，この調査によると，穀菽類中では水稲が最も作付せられていて，大部分は自給であるが，漁家農業の総生産額の $^1/_3$ に達するものと推計さ

れている。

次に作付が多いのは甘藷で，東北，北海道を除いた地方に広く分布し，馬鈴薯は北海道，青森，新潟に多い。

これらの作物は漁家の農業に全く一般的なものであるが，蔬菜の中でも西瓜は一部の地方にのみ栽培をみており「徳島，新潟，兵庫，青森の諸県の漁家に栽培せられ，就中徳島県那賀郡和田島に於ては古来より栽培し，同地方特産物の一つとして阪神地方に需要せられている」。

果樹類は北海道，青森のりんごが大部分であるが，特に梨については「静岡県富士郡田子浦村に於ては，明治3,4年頃には僅に自家庭前に栽培せられたに過ぎざりしも漸次発達し，今日の盛況を呈するに至れり，共産額実に628千貫，盛んに東京，神戸，下関，豊橋方面に移出せられる」。

工芸作物，農産加工には特筆すべきものはない。

畜産としては，養鶏，養豚が重要であり又一般的で，飼育管理も比較的容易のため，当時より次第に増加した。又漁家の馬飼育が北海道で行われていて，養蚕も漁家の兼業として広く行われた。林業は漁閑期利用の兼業のため，一部地方で行われているが特に秋田が主産地であつた。

以上みたように，漁家の農兼業といつてもその内容は広範に亘つていて，特に蔬菜，園芸作物といつたものが，漁家の商品作物としては特産地を形成し，成功している如くで，この点筆者が行つた北海道塩谷村の「ブドウ」作りの成功と照応するものであろう。

このような漁家の農業に対して，当時，各府県当局の行つた施策はこれを大別すると，

1. 副業専任技術者の配置
2. 府県費又は郡費より補助金，奨励金の交付
3. 農会技師の派遣，講習会の開催，実地指導
4. 試作地の設置，種苗圃の設立，優良品種の配布

などとなる。

当時このような諸施策がどの程度の領域に行われ，又どのような効果を示したものであるかは明らかではない。

次にそれでは北海道では，具体的に諸施策がどのように現実の漁家の農兼業と結びついていたものかをみよう。

ここでは，馬鈴薯，大麦その他蔬菜類の種子配布，農会，漁業会共催になる講習，講話会，品評会などがあげられる。

特に異色あるもののみを拾えば，

牛馬飼育：「幌泉郡幌泉村は道路険悪にして陸上車馬の交通不便なりしため，明治初年より馬を飼育使用しつつありしか。同20年より産馬改良組合を設立し，同35年には幌泉産牛馬組合を設立し，牛馬の飼育改良を奨励してより漁業者間に副業として飼育するもの増加するに至れり」。

養蚕：「檜山支庁管内に於ては野桑に富むを以て婦女子の副業として養蚕を奨励すると同時に，養蚕組合又は桑園の設置を勧誘す」。

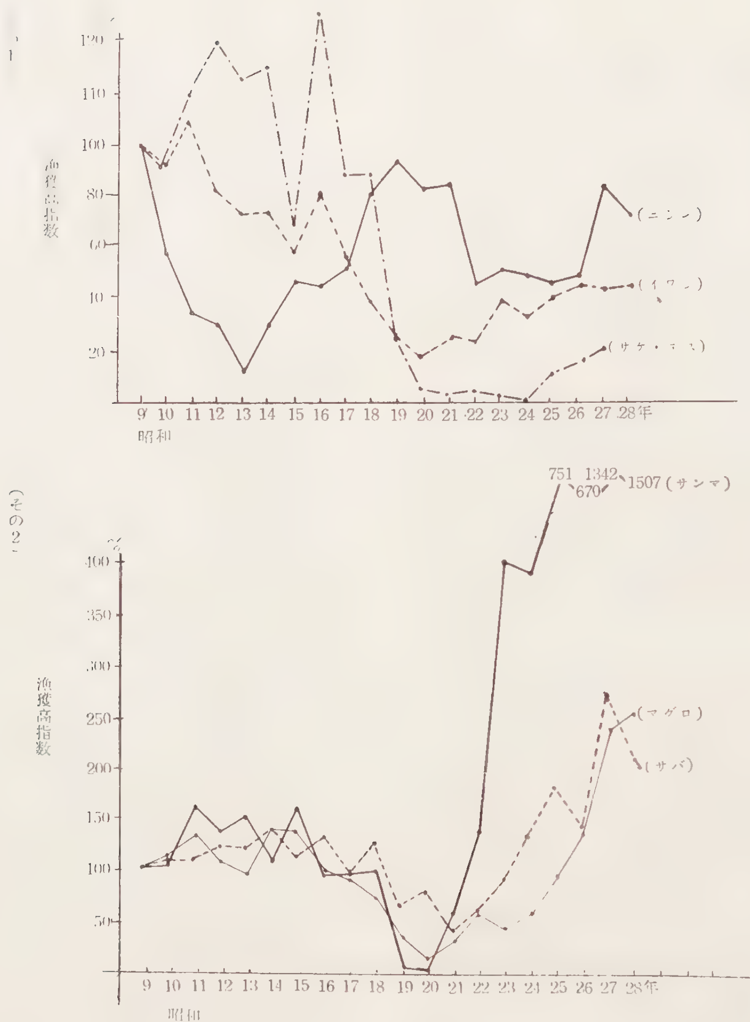
林業：「留萌支庁管内に於ては明治44年官林地の払下を願い，希望者150戸に之を貸付し，共に農事に奨励を加へたり」。

以上，当時における漁家への勧農政策のいくつかをみたが，いずれも積極的，直接なものではなく奨励程度に止まつており，これは，未だ北海道における鰊漁業が安定であつたためで，「今後益々作付の増加する趨勢に在りと雖も，尚耕地を増加せしめて，之が増収を計り，自家用は勿論市場に販売せしむるときは，漁業不振の場合に於ても家計を助くること大なるが故に，半農半漁を目的として各村永住の漁民が相対耕地を所有せしめ，以て漁業の基礎を安定ならしむる必要あるべし」とは考えられていたにしても，未だ積極的に実行される段階にまでは行かなかつたものである。

戦後においては，第2次大戦による漁船，魚具の荒廃，海外引揚者によつて一段と進められた漁村の相対的過剰人口，漁区の縮少及び制限などに加えるに，特に本道に関係の深い鰊，鰯，鮭，鱒などの主要資源が激減している（第2図その1）。

従つて，北海道においては鰊漁業を主体としている日本海沿岸地帯，鰯漁業を主体としていた噴火湾沿岸地帯，サケ，マス漁業を行つていたオホーツク，太平洋沿岸地帯などは程度の差はあれ打撃をうけている。このような減少した資源に対して，増加したものには主として，サンマ，イカなどがある（第2図その2）。

しかしながら，これらの増加した漁類の漁獲は比較的沖合で行われているため，動力船漁業で，大部分の無動力船のみを所有する零細漁家は，乗子となるか，或いは従前あまりかえりみられなか



資料　水産庁漁獲物累年統計表による。

第2図　漁獲物累年統計の変せん

Fig. 2　Change of the amounts of fisheries catches.

たタコ，イカ，カレイ，貝類，藻類といつた雑漁の強化によつて，資源減少に対応せねばならなくなつたのである。

特に昭和初期以来急激に増加した動力船は，漁村の階層分化を一段と激化させ，沖合漁業における生産力の上昇と対蹠的に，沿岸漁業の逓減を招来したのである。

例えば昭和24年の第1次漁業センサスによると，全体の9割余を占める零細漁家がわずかに全体の27.9％の漁獲量をあげているのに反し，数においてわずかに8％余りの企業体が全体の72.1％の漁獲高をあげ，特にわずか0.3％の会社が19.5％の漁獲高をあげていることが明らかにされ，零細漁家の漁獲高が，資源の全般的減少傾向と共に階層差に全く比例的に優劣差が表れているため，一層ミゼラブルな状態におかれていることが知られよう。

このような戦後の情勢に対処して，既に大正末期～昭和初期に漁政の議題にのぼつた「半農半漁創出政策」が再び当局の手によつて立案実行されるに至つたのである。

北海道について述べれば，現在立案され，或いは現在着手している凶漁対策[註2)]としては，勿論その中核をなすものは漁業自体の振興―沖合漁業化（動

力船建造補助），浅海養殖事業の強化一であるが，この施策は，零細漁家の濫立している現状においては，その規模において効果を余り期待しえない。

勧農計画としては，直接的なものとして，造田補助，土地改良補助，中小家畜の貸付及び補助，間接的なものとしては馬鈴薯原種圃設置，椎茸，果樹奨励などで，造田化，土地改良の両事業が比較的新らしくもられているだけで，他は，以前におけるものと大差はない。

ともあれ，このような，兼業化を計るという解決の仕方は，いずれも当面の問題の表面的な処理であつて，漁村の過剰人口対策として抜本的な解決を与えるものでないのみか，逆に漁村をして過剰労働力のプールたらしめるに役立つものであることも亦明らかである。

註 1）平沢豊　最近の漁民層の分解傾向について　漁業経済研究　3の1　P.100

註 2）北海道水産部　道南漁村安定対策関係事業実施計画書　昭29年
石狩支庁　漁村安定対策計画書　昭29年

6. 要　　約

「半農半漁」の発生の歴史及びその後の北海道に於ける推移について考察を進めてきたが，次にこれらを要約する。

府県においては，重農主義に基づく農民の漁業禁止政策も行われたが，これとて絶対的禁止を意味するものではなく，農業生産力の停滞と商品経済の進展，諸藩の農民に対する苛斂誅求は，一部沿岸農民をして，漁民に転化する契機ともなり，ここに農業に由来する「半農半漁」を打出した。

他方北海道においては，松前藩の漁業立国主義，場所請負人の交易活動などにより，北海道の農業は長くその発展をみなかつたが，松前地方の和人地における鰊漁の低下は，必然的に漁民を地方百姓へ転化せしむるに至り，更に明治4年の場所制度の廃止と，小独立漁家の形成はこれに一層の拍車をかけることとなつた。ともあれ農民由来の「半農半漁」と，漁民由来の「半農半漁」とを比較するとき，前者は文字通りの圧倒的存在を占め，漁業の支配的形態として現れているのである。

さて，徳川幕藩制下，府県における未開発漁場の存在，又北海道に於ける広大な未墾地の放置という自然的条件と，上述の社会経済的諸条件は，「半農半漁」なる形態を，農民或いは漁民のそれぞれの転化の一つの過渡的形態として現象し得たが，資本主義の発展に伴い，工業，商業の急速なる興隆にもかかわらず，一部の農民或いは漁民にとつて，職業移動の一過程とも考えられる「半農半漁」を，次第にそのまま一つの形態として膠着するに至り，同時に封建社会での支配的漁村構造たる「半農半漁」を，現在の資本主義の発展段階に至るまで，わが国漁村構造の支配的形態ならしめているのである。

大経営の優越という資本主義法則の貫徹するうちにあつて，大多数の零細漁家層が，顕著な漁業外への階層分解を示さず，漁場の相対的過剰人口化の様相を如実に現象していることと，「半農半漁」の歴史的な存続傾向とは一連の関係，特に相互依存的傾向があるものと思われるのである。

Résumé

Observing "the Fisheries-Agricultural Households", from the historical standpoint, we can find two types in that category.

These include the two types category that are primarily fishers or farmers.

In the Tokugawa era, fisheries production had chiefly been carried on by such "the Fisheries-Agricultural Households".

Moreover, the latter had been of superior type in fisheries production of those days.

The Tokugawa shogunate had kept under various sorts of control the fishing zone by the farmers who were living about the coast, to the fishers advantage.

Therefore, farmers were permited some type of fisheries only when they undertook it to get manure for their fields or food for home consuption.

Later fisheries production by the farmers had expanded into large areas and developed gradually.

In addition to this tendency, some farmers

began to operate fisheries for the market.

The reason why farmers were attracted to fisheries production would be as follows:

It had resulted from the miserable conditions of farmers who were required to pay the rents epual to more than a half of their respective whole farm products while at the same time exchange economy had been developed to a large extent.

Besides this, fishers on a small scale, too, begun to cultivate pieces of land, to satisfy their needs.

It is very important to inquire why such Fisheries-Agricultural Households including the two types have still continued to the present time.

One of the reasons is that local administrative organizations have attempted actively to set up Fisheries-Agricultural Households lately.

大麦の不稔性に関する研究

VII 開花時並びに生育期間の温度と湿度の不稔に及ぼす影響

山　本　　　正*

STUDIES ON STERILITY IN BARLEY

VII INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURE AND HUMIDITY DURING THE GROWING PERIOD AND AT THE ANTHESIS ON THE INCIDENCE OF STERILITY

By Tadashi YAMAMOTO

緒　　言

ビール大麦の不稔（提灯穂）は葯の裂開機能の低下によつて起るので（須藤[21]，山本[27]），種々な栽培条件のもとで発生する（山本[28]）。従つて植物の生理作用に大きな関係をもつている温度や湿度等も，不稔の発生に対して密接な関係のあることが推察される。開花，授精に対する温度や湿度の影響を考えるとき，開花時の花に対する直接的な影響と，生育過程を通しての間接的な影響を考えることが，必要であると思う。不稔の発生に関係する要因や過程は，直接的な場合と間接的な場合とでは可なり違うものと考えられるばかりでなく，間接的な場合と直接的な場合との不稔に対する影響の大きさや，時期を知ることは，栽培上に於ても重要なことと思われるので，影響を開花時と生育期間に分けて試験を行つた。

材料及び方法

品種はビール大麦の「モラビヤ」。開花時の温度及び湿度の影響を実験するため，圃場に1本植した材料の最長稈の穂を開花予定前日の夕刻，上部第1節と第2節との中間を第1葉をつけて切り取り，三角フラスコに入れ，所定の処理を行つた。処理直前，穎の上部1/3程度を切り取つたが，これは葉鞘や，穎の保護によつて，所定の処理温度又は湿度に穎内がならない内に，開花することを防ぐためと，その時の処理条件の下で確実に開花した小花を用いるためである。なお，切穎をしない場合も実験した。温度処理は恒温器，湿度処理はガラス鐘と乾燥器を用いた。長時間温度処理をする場合は，フラスコ中の水の温度の上昇を防ぐため，1時間毎に冷水と交換した。処理後はガラス室に数日間放置して，子房の発達の有無を検べて，不稔率を測定した。1処理10～15穂，1穂6～7小花，中央部小花のみを用いた。

生育期間中の高温の影響をみるために，ポット試験を行つた。2万分の1反のワグナーポットに4個体栽植，1処理3ポットにした。ガラス室を高温区，戸外を低温区として，所定の時期に搬入，搬出して処理を行つた。高温区は最高気温で約10°C，最低気温で3～4°C，低温区に較べて高かつた。なお最高気温は33°C，を越えないようにした。

結　　果

A　温　　度

I　開花時の短時間高温　POPE[18]）は大麦で，花粉発芽から花粉管が伸長して胚嚢に達する時間は30°Cで20分前後であると述べているので，葯の裂開，花粉発芽，花粉管伸長等に対する高温の影響をみるため32°Cで開花させて，30分間同温度に放置した。その結果は第1表のとおりである。

* 作物部作物第2研究室

処理時間が短かいときは28°Cは勿論のこと31～32°Cでも特別不稔は多くならない。従つて葯裂開，花粉発芽，花粉管伸長，授精等には何ら異常がないものと思われる。

第1表　開花時の短時間高温と不稔

Table 1　Sterility affected by exposing to high temperature 32°C for 30 minutes in case of flowering induced by chopping the upper third of the glumes.

処理温度	処理小花数	不稔粒数	不稔率
室温（23°C）	126	4	3.1
27～29°C	115	0	0.0
31～32°C	107	4	3.7

Ⅱ　比較的長時間に亘る開花時の高温　上述のように高温でも，それが短時間であれば，直接には不稔に関係ないが，ガラス室や圃場等の自然条件の場合には，温度はある程度継続するのが普通であるので，長時間（5時間，10時間）継続する場合を実験した。その結果は第2表のとおりである。30°C又はそれ以下であれば，5時間は勿論10時間継続しても不稔には関係しないことがわかる。所が32～33°Cでは第3表に示すように5時間処理でも不稔が多くなる。32°Cと云う温度は注意すべき温度である。

第2表　30°C以下の温度の継続

Table 2　Sterility affected by exposing to 30°C for 5 and 10 hours respectively in case of flowering induced by chopping the upper third of the glumes.

継続時間 / 処理温度	4時間30分 処理小花数	4時間30分 不稔粒数	4時間30分 不稔率	10時間 処理小花数	10時間 不稔粒数	10時間 不稔率
室温（20.5～21.5）	61	0	0.0	107	3	2.8
30～30.5°C	71	3	4.2	131	4	3.1

第3表　32°C 5時間

Table 3　Sterility affected by exposing to 32°C for 5 hours in the case of flowering induced by chopping the upper third of the glumes.

処理温度	処理小花数	不稔粒数	不稔率
室温（19.5～21.0）	84	1	1.2
32～33°C	166	14	8.4

今まで述べて来た実験では，処理は何れも穎の1/3程度切り取つたものについて行われた。花粉の発芽には適当な湿度の保持されることが必要であることは，これまで良く知られている。切穎に依つて花の中が乾燥状態になり易いが，特に高温の場合著しいものと思われる。従つて32°C前後で不稔の増加するのも，このような乾燥状態による花粉の不発芽なども考えられるが，同じ32°Cの温度でも，それが30分しか継続しなければ，特別不稔が多くなることが無いので，乾燥に依る花粉不発芽でないことは明らかであるが，更に念のため，切穎しないで自然状態のまま高温処理をしてみた。その結果は第4表の通りである。即ち切穎しない自然状態の花でも32°C前後の高温が10時間継続すれば，不稔は著しく多くなる。これに反して30°Cでは室温（20°C）と殆ど変らない。従つて高温の持続による不稔は授精過程又はその後の胚の発育の失敗によるものと思われる。

第4表　自然状態の花の高温処理（10時間）

Table 4　Sterility affected by exposing to 20, 30 and 32°C for ten hours in case of spontaneous flowering.

処理温度	処理小花数	不稔粒数	不稔率
室温 20～21°C	132	1	0.8
高温 30°C	145	3	2.1
高温 32～33°C	153	18	11.8

大麦では1穂のうちのある部位の小花が一齊に開花するのが一般であるが，小花によつては，その上下の花が開花期に達しているのに，未熟（1日程度のおくれ）である場合があるので，高温処理の場合，このような小花でも刺戟で開花が促進される場合がある。第5表はこのことを示してい

第5表　非開花小花数

Table 5　Number of blooming accelerated by exposing to high temperature. Such florets may cause sterility at natural conditions.

処理温度	開花小花数	非開花小花数	非開花小花率
室温 20°C	130	7	5.1
高温 30°C	146	1	0.7
高温 32～33°C	138	2	1.4

るのであつて，高温区の非開花小花数が室温区のそれに比して，低い値を示すのはこのためである。この実験では，このような花の存在が不稔に関係しないことは，30°Cの場合にも33°Cの場合にも同じように認められることからもわかるが，自然条件下の場合には不稔の原因になることも考えられる。

Ⅲ　生育各時期の高温　高温はその作用する時期に応じて，それぞれ異つた影響を植物体に及ぼすものであるが，そのような影響が不稔の発生にどう関係あるかを知るため，発芽より開花期に到るまでの生育期間を第6表のように分けて，高温処理をした。その結果戸外栽培の標準区（Ⅰ区）に比して不稔率の高くなるのはD，E，Hの3区で他の区は何れも標準区に比して，殆ど差が認められなかつた。D，E，H区の不稔の多いのは他の区と比較して見るとわかるように，減数分裂期前後より節間伸長期にわたるD区を共通に持つているからである。従つて生育期間中の高温で，不稔の発生に最も影響のあるのは大体節間伸長期であることがわかる。なおこの場合の不稔率と稈長との相関係数は−0.7866*，抽穂度との間には−0.9651**，第1節間長とは−0.9407**で何れも高い相関が認められるが，これらの諸形質の大小は開花期前後に於ける稈の伸長の良否を示すもので，伸長の良好なものほど，不稔が少ない。このことは又，節間伸長期の高温のみが不稔を多くすることを示すものである。

第6表　高温処理時期と不稔との関係

Table 6　Sterility induced by high temperature during growth period. Hatch parts show the treated duration.

処理期間	処理日数	稈長 cm	抽穂度 cm	第1節間長cm	不稔率 %
A	13	98.1	6.0	33.1	5.7
B	14	94.2	6.5	32.2	8.5
C	14	97.1	6.5	32.7	6.1
D	16	87.8	3.2	26.9	17.8
E	28	91.4	3.3	29.1	15.6
F	26	91.0	7.0	33.2	6.6
G	39	89.4	6.8	34.4	7.3
H	50	86.9	1.1	26.6	21.4
I	0	97.6	6.2	32.7	3.1

註　斜線部は処理期間　L. S. D（5％）6.0％　1951年

以上の実験によつて，節間伸長期の高温が不稔の発生に関係あることがわかつたが，更にその細かい時期を知るために，ガラス室内にて生育したものを，出穂前，所定期間前にガラス室より戸外に搬出したもの，逆に戸外に生育したものをガラス室に搬入したものを設けて実験した。その結果は第7表，第8表に示すとおりであつて，出穂7日前に高温処理を中止してもなお若干の影響は認められるが，出穂前3日に高温処理を中止した区から時に著しい影響が認められるので，まず3日前の高温から不稔に関係するものと思われる。更に第8表からは，出穂前の処理日数が3日までは高温の影響が強められるが，それ以上の日数では3日とあまり違わないことを示している。従つて不稔にもつとも大きな影響をもつのは出穂前3日間の高温である。

第7表　節間伸長期の高温と不稔との関係（搬出区）

Table 7　Sterility induced by high temperature for shooting stage of barley transferred to the outdoors from the glass house.

処理	不稔率 %	処理期間中平均気温 °C	処理期間中平均最高気温 °C
生育全期ガラス室内	13.4	18.9	28.2
出穂7日前戸外搬出	9.3	18.5	27.9
同　6日	9.6	18.6	27.9
同　3日	14.3	18.8	28.1
同　0日	12.3	18.9	28.2
生育全期戸外栽培	1.5	11.9	17.6

註　L. S. D（5％）6.3％　1954年

第8表　節間伸長期の高温と不稔との関係（搬入区）

Table 8　Sterility induced by high temperature for shooting stage of barley transferred to the glass-house from the outdoors.

処　　理	不　稔　率　%
生育全期戸外	6.1
出穂8日前ガラス室搬入	24.5
同　6日	23.9
同　4日	21.8
同　2日	13.2

註　L. S. D（5%）　5.3%　1955年

Ⅳ　不稔の年次變異と生育氣温　同じ条件で栽培しても，年によつて不稔の発生歩合には可なりの差が認められるものであるが，年次間に於ける不稔と温度とはどのような関係にあるだろうか。今，1948年より1955年に亘る8箇年の季似に於ける「モラビヤ」の不稔率並びに開花前3日間，5日間，10日間の平均最高気温，更に播種期が4月下旬，開花期が7月上旬であるので，6月の平均最高気温，5月，6月の平均最高気温との関係を示すと第9表及び第10表のとおりである。これら諸項目のうち，不稔率と高い相関々係を示すものは開花前5日間と10日間の平均最高気温である。開花前3日間の平均最高気温は有意義（5%にて）ではなかつたが，かなり高い値を示したのに対して，6月及び5，6月の平均最高気温とは何ら関係も認められなかつた。これらのうち，開花前5日のものが最も高い値を示し，これを中心にして前後の気温もまた少なからざる関係を示すが，これらの間に見られる傾向は前項のガラス室実験にて得られた結果と極めて良く一致している。ただガラス室では3日間が影響のほぼ最高点であつたのに対して圃場では5日間になつているのは，恐らく両条件下で得られる湿度の差によるものではなく，圃場では出穂始より出穂期になるまで2～3日を要するためであつて，この点を考慮に入れれば，圃場に於てもガラス室同様，開花前3日間の高温が不稔に対して最も影響あるものと考えて良いであろう。

なお，圃場では開花期に32°Cを越えることはなく，僅かに1948年と55年の両年に開花前5日間の内に31°C前後を示す日を1日含むだけであるので，圃場の不稔の原因は胚の発育過程に於ける障害のような，直接的な温度の影響ではなく，間接的なものであることがわかる。

第9表　1948～1955年の間の不稔率と平均最高気温（°C）

Table 9　Sterility in barley sown at usal date in the field from 1948 to 1955 and the average of daily maximum temperature during certain days preceding anthesis.

年次	不稔率 %	開花前 3日	開花前 5日	開花前 10日	6月	5月 6月
1955年	11.8	28.1	27.1	24.0	21.7	18.4
54	1.6	20.6	20.4	22.2	19.3	17.6
53	7.1	21.7	22.6	22.0	21.1	19.2
52	5.7	23.7	24.7	24.3	22.8	20.8
51	3.5	23.7	24.1	23.0	21.7	20.3
50	3.6	18.9	20.9	20.9	21.7	20.3
49	1.4	23.3	22.9	20.7	21.1	20.3
48	10.8	24.8	27.1	24.9	21.7	20.8

第10表　開花前の気温，湿度と不稔率との相関係数

Table 10　The correlation coefficient between the percentage of sterility and the average temperature of the daily maximum and minimum during certain days preceding anthesis.

	開花期	開花前 3日	開花前 5日	開花前 10日	6月	5月 6月
不稔率：平均最高気温	—	+07.00	+0.834**	+0.765*	+0.419	+0.013
不稔率：平均最低気温	—	+0.448	+0.374	+0.718*	+0.396	+0.308
不稔率：平均較差気温	—	+0.469	+0.538	+0.060	-0.167	-0.370
不稔率：平均湿度	-0.255	-0.381	-0.496	-0.324	+0.163	-0.087

次に平均最高気温で求めたのと同じ期間について，平均最低気温と不稔率との相関を求めたものも第10表に示してあるが，平均最低気温の場合では僅かに10日間との間に有意な正の相関が認められるのみで，最高気温よりも不稔に対する関係の少いことを示している。又同じ期間についての平均最高気温と平均最低気温との較差について不稔率との相関を求めたが，何れの場合も有意な相関が認められなかつた。

Ⅴ　夜間の氣温の高低と不稔との関係　夜の高温が生育過程に非常な影響を持つていることが広

く知られていないし，叉，この[illegible]に於て認められた高温の影響も昼夜高温の何れによるのだろうか，叉このようにして分けた場合，どちらの高温が不稔に対して影響をもつものかを知るため，開花期までの全生育期間をガラス室に置いた昼夜間高温区と，戸外に置いた昼夜間低温区の外に昼間ガラス室，夜間戸外の高—低温区と逆の低—高温区の4区を設けて，その結果は第11表のとおりである。各処理区では昼夜間高温区が最も多く，高—低区が最も少ない。昼間の高温と低温とでは，それほど著しい差は認められないが，夜間の高温区（13.7%）と低温区（3.5%）とでは明らかに低温区の方が不稔率が少ない。即ち不稔は昼の温度の高低にはそれ程影響されないが，夜の温度の高低にはかなり影響をうけ，高温の場合に不稔の多いことを示している。

更に夜の高温は不稔を多くするばかりでなく，著しい形態上の変化をもたらすが，特に昼間低温で夜間高温の場合は，初期生育の草型の変化（第1図参照），葉数の増加をもたらし，成熟期の稈長を短かくすることが認められた。

第11表 夜間の高温と不稔との関係

Table 11 Sterility affected by high night temperature during growth period.

昼間—夜間	不稔率 %	出穂日数	主稈葉数	稈長 cm	茎数	穂長
高 — 高	18.0	54.8	10.0	76.5	12.8	14.4
高 — 低	1.7	67.8	10.8	69.5	14.5	12.0
低 — 高	9.3	65.2	13.0	61.3	19.4	11.5
低 — 低	5.3	65.9	11.0	82.7	19.7	12.1

註 L. S. D（5%） 不稔率 4.6% 稈長 9.7 cm



第1図 昼夜間の変温による草型の変化

1)戸外—戸外 2)ガラス室—ガラス室 3)戸外—ガラス室 4)ガラス室—戸外 但し昼，夜の順

Fig. 1 Treated plant's status induced by day and night temperature at 35 days old after sowing.

In the order of day and night, 1) outdoors—outdoors, 2) glasshouse—glasshouse, 3) outdoors—glasshouse, 4) glasshouse—outdoor.

B 湿　　度

I 開花時の湿度 温度処理の場合と同様，切頴して所定の湿度で開花させた。低湿度を得るために，室温より若干高い温度の乾燥器を用いた。高湿度を得るためには内部を湿した濾紙で覆つたガラス鐘を用いた。低湿度を得るために用いた乾燥器の温度は 25～26°C であつたので，不稔に対する温度の影響は前の実験から無視しても良いものと思われる。

第12表 切頴して湿度処理

Table 12 Sterility affected by exposing to 64, 81 and 98 % humidity in case of flowering induced by chopping the upper third of the glumes.

湿度%	処理小花数	不稔粒数	不稔率	温度 °C	備考
64	74	1	1.4	25～26	乾燥器内
81	37	0	0.0	21.5	室内(半地下)
98	99	3	3.0	21.5	飽和ガラス鐘

先ず，開花期の種々なる湿度の不稔に対する影響を見ると第12表のとおりであつて，何れの処理区も不稔率は極めて低く，切頴して種々の湿度条件のもとで開花させても，不稔にはあまり関係のないことが認められた。

この実験は，切頴を行つて処理をした場合であるが，飽和ガラス鐘内の湿度といえども，葉鞘内にて，閉花的に開花を行う場合の湿度より低いものと思われる。それで穂を葉鞘内に入れたままの状態で湿度条件を変えた場合，並びに穂を葉鞘外に取り出して，切頴せずに湿度を変えた場合の不稔率は第13表，第14表の通りであつて，統計的に有意義な差は見出し得なかつた。然し第12表と第14表の室内切頴区は同一処理であり，更に第12表と第13表のガラス鐘内開花区は穂が葉鞘内は

あるか無いかの差であるに過ぎず，共に切頴しないものであるので，同一性質の処理と考え，一括してみると第15表のとおりである。即ち湿度80%の室内で切頴開花させたものは，湿度の飽和状態に近いガラス鐘内で切頴せずに開花させたものより不稔が少なく，低湿度が開花に良好な条件を与えていることを示している。

第13表 自然状態にて湿度処理

Table 13 Sterility affected by exposing to high humidity treatment with spontaneous flowering.

湿度%	処理小花数	不稔粒数	不稔率	備考
81	90	2	2.2	室内
98	64	4	6.3	ガラス鐘内

第14表 穂を葉鞘外に出して湿度処理

Table 14 Sterility affected by high humidity treatment with the spikes drawn out from the leaf-sheath.

湿度%	処理小花数	不稔粒数	不稔率	備考
78	166	1	0.6	室内切頴
98	139	4	2.9	ガラス鐘内

第15表 切頴開花と自然開花

Table 15 Difference of sterility affected by low humidity between the case of flowering induced by chopping the upper third of the glumes and the case of spontaneous flowering.

処理	湿度%	処理小花数	不稔粒	不稔率
室内切頴	80	203	1	0.5
ガラス鐘内自然	98	195	8	4.5

Ⅱ 圃場に於ける開花時の湿度 北海道の春播大麦の殆ど全ての品種は，穂の最上部の2,3小花を除いて，例外なく，葉鞘内で閉花的開花を行うが，これは不稔について不利な条件であることが上述の実験から，容易に推察される。もし第1節間の伸長が良好で葉鞘外開花が行えたら，開花の際に開頴も行われるので，葉鞘内よりは湿度の低い条件の下で葯の裂開することになり，切頴開花の場合と同様，不稔の発生が少なくなることが予測される。それで次のような処理区を圃場に生育中の材料について行つた。即ち開花前日の夕刻，穂を葉鞘から取出し，倒れないように細い針金にて葉鞘に軽くもたせかけた葉鞘外開花区，針金を支柱に大型ガラス管(直径1.5cm，長さ25cm)を全小花の開花完了まで数日かぶせたガラス管内開花区，それに自然状態のまま放置した標準区，以上の3区を設けた。その結果を示すと第16表のとおりである。これによると，標準区と葉鞘外開花区との間には，あまり有意義な差は見られなかつたが，ガラス管内開花区は著しく不稔が増加した。ガラス管内には止葉の外に2番目の葉も入れたので，管内はいつも水滴が附着していた。従つて湿度は殆ど飽和に近いものであつたと思われる。同じ飽和湿度でも，室内で切穂について行つたものは，不稔がそれほど多くないのに対して，圃場で自然状態で行つたものに，不稔の多いのは，湿度以外の条件も考慮されなければならないかも知れない。

第16表 圃場で行つた湿度実験

Table 16 Sterility affected by high humidity treatment with the spikes which covered with glass-tube in the field.

処理	湿度%	温度°C	不稔率%
標準区	70	22.4	4.3
葉鞘外開花区	70	22.4	2.0
ガラス管内開花区	98(?)	23.6	53.6

更に1948年から1955年の間の不稔率と開花期を中心とした3日間の湿度及び生育期間の湿度との相関は既に第10表に示したように，何れの間にも有意義な相関が認められなかつた。

Ⅲ 降雨と不稔 飽和湿度が不稔の発生に影響を持つことは以上の実験から認められるが，降雨，霧等も大気湿度を著しく増加させることから，不稔に間接的な関係をもつと思われるし，更に雨や霧が頴内に入つて，花粉の原形質吐出等を起こさせ，直接的に不稔の原因になることも考えられる。1951年の4月25日播の開花日は，終日殆ど休みなく雨が降つたが，1) 不稔率は3.5%で例年と殆ど変化がなかつたこと，2) 更に雨滴の頴内侵入に依る授粉花粉の破裂，葯胞内花粉の破裂，葯の不裂開等の異常も，葉鞘外開花をした穂の上部小花に於てすら認められなかつたこと，3) 前述したように北海道に栽培されている二条大麦は殆ど例外なく，葉鞘内にて閉花授精を行う

ので降雨等より保護されていること等から，これらの現象に依る不稔は殆ど無いものと思つて良いであろう。

論　　議

大麦の開花授精に対する温度の影響は 32°C を境にして左右されているようであるが，32°C でも持続時間が短かいときは不稔にならず，5時間以上続くと不稔が多くなる。POPE[18] に依ると大麦の花粉は 35°C でも極めて正常に発芽し，花粉管が花柱内に伸長して，20分で胚嚢に達すること，更に胚及び胚乳の発育に対する最適温度は 30°C 前後であつて，35°C ではやや衰えることを述べているので，32°C が5時間以上続くと不稔が多くなるのは，花粉不発芽，花粉管伸長等の異常によるものでなく，授精又はその後の胚の発育が抑制されるものと考えられる。然しこれらの実験は何れも切頴した花について，高温下で行われているので，乾燥の影響も考慮しなければならないであろう。野口[16] は水稲で 70％ 以下の湿度は柱頭を害して結実歩合を低下させること，又 SMITH[19] はトマトで高温，乾燥によつて落花が多くなることを述べているが，本実験では湿度が 43％ であり，その上切り穂であるので，授精が行われても，その後の発育途上に於て乾燥の害をうけやすいことは容易に考えられるのである。従つて切頴開花の際高温の持続によつて起きる不稔の原因は恐らく高温とそれに伴う乾燥の害であろう。

葯の裂開が環境条件に極めて敏感なことは AKEMINE[1]，加茂[11]，BURTON[4]，山本[29] 等多くの研究者によつて明らかにされているが，加茂によると「内的条件の整備度低く，刺戟の大なるに依つて開花した場合には葯の不裂開現象を来たす」が，高温刺戟に依つて熟度の進まない花が開花する場合に当然このような現象を伴うものと思う。本実験に於ては 30°C の場合でも刺戟的開花現象が認められるのに不稔を伴つていないのは，乾燥が葯の裂開に有利に作用しているためと考えられるので，圃場の場合には刺戟的開花に伴う不稔も起りうるものと思われる。

生育期間，特に開花期前の高温が開花，結実に影響あることは藤井[6]，JOHNSON and HALL[10]，POPE[18]，SMITH[20]，その他多くの研究者に依つて広く知られているところであるが SALMON (POPE 引用) によると，出穂時又はその直前の高温のみが，麦類の健全に見える穂の不稔小花の原因であると結論している。大麦の場合でも，生育期間中の高温が不稔の発生に影響のあるのは，節間伸長期だけであつて，その他の時期の高温は殆ど影響が認められない。更に節間伸長期のうちでも特に影響の大きいのは，開花前3日間の持続高温である。従つて高温処理が3日以前に打切られるとその影響力は減ずる。又高温の影響は3日間までは増加するが，それ以上の日数の持続する場合でも，その割に不稔の増加が認められないので，1) 高温の影響が不稔の増加と云う可視的な形態で現われるのに3日を要すること，2) 更に高温の影響は累積的であるが，限界点があり，この場合一応3日と考えられる。SMITH[20] はトマトで落花は3日前の高温と最も高い相関のあることを報告しているので，3日という日数は，高温の開花，結実に対する影響を考える場合，何らかの意味をもつものと考えられる。

昼夜別の温度については，夜の高温が稈長を減じ，不稔の発生に非常に大きな影響のあることが認められる。夜の高温が炭水化物の転流を抑制し，体内保有量をを減少させることは WENT 並びにその協同研究者達[23) 24) 25]，HULL[9] 等に依つて，更に体内に於ける炭水化物の減少が草丈を減じ，不稔や落花の原因になることについては浅見[3]，WENT and CARTER[24]，その他多くの研究者[5) 6) 7) 12) 13) 14) 17) 22] に依つて述べられているところである。夜の高温によつて前述の温度の場合と同様に稈長が短かくなることは，大麦の場合でも，夜の高温に依つて炭水化物の転流が抑制され，生殖生長部への炭水化物が不足することが不稔の重要な一因であろうと思われる。

ガラス室では夜間の高温不稔の発生に密接な関係が認められるにも拘らず，圃場の場合には，最低気温との間には，最高気温の時ほど著しい相関を示さないのは，圃場の低温がガラス室のそれより低いためと考えられる。又ガラス室では殆ど認められない昼間の高温との間に圃場でかなり高い相関の認められないのは，圃場の場合では，温度に伴う他の要因が多いためと考えられる。

湿度も開花，稔実に大きな影響を及ぼすことは，前述の如くであるが，この実験でも，切頴小

花を用いた場合，開花時そのものの湿度変化では稔実に殆ど影響が見られないのに対し，正常小花の場合，高湿度は不稔の発生に影響することがわかつた。このことは圃場で数日間にわたつて穂を飽和湿度条件下においた時も同様である。然し圃場の場合の方が室内の場合より，その影響の大きいのは，1）室内では穂の不稔の発生の少ない中央部位のみ実験の対象にしたこと，2）実験時は室外より室内の方が温度が高かつたので，温度刺戟があつたこと，3）切穂をすること自体が開花刺戟になること等の外に，4）室内では開花時だけ飽和湿度におかれたのに対して，圃場では中央部小花の開花前日の夕刻から処理を行つているため，穂が数日間飽和湿度に保たれる結果となり，5）穂の蒸散作用，ひいては穂への蒸騰作用を著しく抑制し，生理機能を阻害したものと思われる。更に 6）蒸散作用の結果による水滴の出来たガラス管に覆われているため，穂の同化機能を低下せしめた等のためによるものと思われる。

降雨並びにそれに伴う高湿度等の悪条件が開花授精に不適当なことは，AKEMINE[1]，ANTHONY[2]，BURTON[4]，POPE[18]，須藤[21]，山本（幸），寺田[26]等によつて報告されており，就中，山本は大麦に於て雨や霧の小花内侵入が不稔の一因になることを述べているが，北海道の場合のように，開花が葉鞘内で閉花的に行われて，雨や霧から保護されている場合には，殆ど起り得ないものと思われるし，又実際降雨中に開花期を迎えた花にでも殆ど不稔は認められなかつた。野口[15]も出穂開花する水稲でさえ，雨のために稔実障害を受けることは殆どないことを述べている。然しながら，比較的長くこのような条件が続く場合，間接的にではあるにしても，不稔の発生に影響を持つことも考えられないことはない。

摘　　要

1. 温度と湿度の不稔に対する直接的な影響と間接的な影響を知るため，処理を開花時と生育期間とに分けて実験した。

2. 30°C以下の開花時の温度は不稔の直接的な原因にならない。32°Cの時でも，その継続期間が短かい時は同様である。

3. これに反して節間伸長期，特に開花前数日間の高温は不稔の発生に対して最も大きな影響を及ぼす。

4. 圃場の一般栽培条件下で認められる不稔率と開花前の平均最高気温との間に高い正の相関々係が認められるが，特に開花前5日間との間に著しい。圃場で認められる不稔は全く間接的なものであると思われる。

5. 夜間の高温は，稈長を減じ，不稔を増加させる。昼間の高温より遙かに影響力が大きい。

6. 生育期間の高温に依る不稔は炭水化物の不足に基因するものと思われる。

7. 開花時の高湿度は開花授粉に好ましくない条件であるが，圃場の場合にはあまり関係ないものと思われる。

8. 降雨による不稔は認められなかつた。

稿を終るに際し，本研究に対して心からの御理解と御援助をいただいた作物部長吉野至徳氏並びに農林技官後藤和男氏に感謝する。

引用文献

1. AKEMINE, E. (1914): Über das Blühen des Reises und einige sich daran anknüpfende Erscheinungen. Zeitschr. für Pflanzenzucht. Bd. Ⅱ, 337〜375.
2. ANTHONY, S. and HARLAN, H.V. (1920): Germination of barley pollen. Jour. Agr. Res., Vol. 18, No.10, 525〜536.
3. 浅見与七・門田寅太郎・佐藤進一（1934）：窒素供給と日覆が茄子の生長，結実並びに体内窒素及び炭水化物含量に及ぼす影響，農．及園．，第9巻，第9号，1895〜1908，第10号，2119〜2134.
4. BURTON, G. W. (1942): Observation on the flowering habits of four *Paspalum* species. Amer. Jour. Bot., Vol. 29, No. 10, 843〜848.
5. CAMUS, G. C. and WENT, F. W. (1952): The thermo-periodicity of three varieties of *Nicotiana tabacum*. Amer. Jour. Bot., Vol. 39, No. 8, 521〜528.
6. 藤井健雄（1948）：果菜類の落花に関する研究 河出書房.
7. 古谷義人（1950）：夜温の差が大豆の生育及び結実に及ぼす影響 農.及園.，第25巻，3号，251〜252.
8. HOWLETT, F. S. (1936): The effect of carbohydrate and of nitrogen deficiency upon microsporogenesis and the development of the male gametophyte in the tomato, *Lycopersicum esculentum* MILL. Ann. of Bot., Vol. 50,

No. 200, 767～803.

9. HULL, H. M. (1952): Carbohydrate translocation in tomato and sugar beet with particular reference to temperature effect. Amer. Jour. Bot., Vol. 39, No. 9, 661～669.

10. JOHNSON, S. P. and HALL, W. C. (1953): Vegetative and fruiting responses of tomatoes to high temperature and light intensity. Bot. Gaz.' Vol. 114, No. 4, 449～460.

11. 加茂巌 (1938)：水稲交配における人為的開花の応用と之に関する二，三の実験　明峰正夫教授在職三十年農学論叢，養賢堂.

12. LEOPOLD, A. C. and SCOTT, F. I. (1952): Physiological factors in tomato fruit-set. Amer. Jour. Bot., Vol. 39, No. 5, 310～317.

13. 盛永俊太郎・栗山英雄 (1938)：作物と温度及光 Ⅱ夜温の高低並に催花の春播性，秋播性小麦の発育に及ぼす影響　農.及園., 第14巻, 4号, 971～977.

14. ―――・永松士己・栗山英雄 (1948)：作物と温度及光，Ⅵ夜温の高低並に短日の春蒔性小麦の生育，収量に及ぼす影響，農.及園., 第23巻，5号，281～284.

15. 野口彌吉 (1927)：稲の開花に対する外界の影響について，(4)雨及暴風雨　農学会報，293号，177～184.

16. ――― (1927)：稲の開花に対する外界の影響について　(5)乾燥状態　農学会報，301号，568～573.

17. OSBORNE, D. J. and WANT, F. W. (1953): Climatic factors influencing parthenocarpy and normal fruit-set in tomatoes. Bot. Gaz., Vol. 114, No. 3, 321～322.

18. POPE, M. N. (1943): The temperature factor in fertilization and growth of the barley ovule. Jour. Agr. Res., Vol. 66, No. 11, 389～402.

19. SMITH, O. (1932): Relation of temperature to anthesis and blossom drop of the tomato, together with an histological study of the pistils. Jour. Agr. Res., Vol. 44, No. 2, 183～190.

20. ――― (1935): Pollination and life-history studies of the tomato. Cornell. Univ. Agr. Exp. Sta., Mem. 184.

21. 須藤勇 (1942)：ビール大麦不稔の生理学的研究　大日本麦酒株式会社　科学研究所，生物学業績，第1集.

22. WENT, F. W. (1944): Plant growth under controlled conditions Ⅱ. Thermoperiodicity in growth and fruiting of the tomato. Amer. Jour. Bot., Vol. 31, No. 3, 135～150.

23. ――― (1944): Plant growth under controlled conditions. Ⅲ Correlation between various physiological process and growth in the tomato plant. Amer. Jour. Bot., Vol. 31, No. 10, 597～618.

24. ――― and CARTER, M. (1948): Growth response of tomato plants to applied sucrose. Amer. Jour. Bot. Vol. 35, No. 2, 95～106.

25. ――― and HULL, H. M. (1949): The effect of temperature upon translocation of carbohydrates in the tomato plant. Plant Physiology, Vol. 24, No. 3, 505～526.

26. 山本幸雄・寺田孝一郎 (1940)：不稔大麦「提燈穂」に就て　農.及園., 第15巻, 10号, 2023～2027.

27. 山本正 (1952)：大麦の不稔性に関する研究　第Ⅰ報　不稔粒の生ずる機作について　日・作・紀., 第20巻, 1～2号, 80～84.

28. ――― (1954)：提燈穂の原因とその対策，北農，第21巻，6号，16～23.

29. ――― (1954)：大麦の不稔性に関する研究，第5報，葯の裂開力の測定　育種学雑誌，第4巻，第2号，78～82.

Résumé

Since temperature and humidity have long been recognized as factors that profoundly influence pollination and fertilization, in this paper were reported some studies on their influence upon sterility in barley.

A) Temperature

The effect of temperature on the fertilization at the anthesis was studied in the laboratory on ears bearing one leaf and one internode. The floret was cut off at the upper third of the glume just prior to the beginning of treatment in order to exclude its function as a protection against external temperature. The ears were exposed to temperatures of 23, 28, 30 and 32°C for periods of 30 minutes, 5 and 10 hours. When the ears were exposed to 32°C only for half an hour, there is no harmful effect on the fertilization, but when longer than 5 hours, the temperature causes an inc-

rease in sterility. Since all the processes from pollen discharge to pollen tube elongation into embryo sac have been normal at 32°C-30 minutes, it may be reasonable to consider that the seed formation ceased at an early stage of developing under the influence of high temperature and the resultant desiccation.

It is very rare that the temperature at the flowering time of barley rises above 32°C when sown in field at usual date in spring, so temperature seems to have no direct effect on the fertilization under normal growth conditions.

Experiments were carried out in glasshouse in order to clarify the influence of high temperature at each growing stage from seedling to anthesis upon the sterility in barley growing under natural conditions. The experiment in which the growth period was divided into four stages revealed that the shooting stage was the one most sensitive to high temperature causing sterility. Moreover, it was found that when the treatment with high temperature is of three days' duration before flowering sterility was induced to a considerably high degree.

Since the high temperature obtained at the glasshouse before flowering causes sterility, the question arises as to whether the high temperature in field would also induce the sterility in barley when sown at usual date in the field. The coefficient of correlation of the average of the daily maximum temperature and percentage of sterility was calculated from the data obtained for eight years from 1948 to 1955. The value of r, when the average temperature of the daily maximum for pre-flowering three days is considered, was 0.700 ; for the duration of five days, 0.834** for ten days, 0.765* ; for one month, 0.419 ; but for two months, the r decreased to 0.013. The number of days which best correlates with the sterility is different under the two conditions, the glasshouse and the field. This difference may be attributed to the fact that, under field conditions, two or three days are required from the first heading date to the heading zenith.

The coefficient of correlation between the average of daily minimum temperature during ten days preceding anthesis and the percentage of sterility was found to be 0.718. The correlation between the average of daily minimum temperature and sterility for longer or shorter durations of time was less than that for ten days duration.

An experiment was carried out to clarify the influence of night temperature upon the occurrance of sterility. It was found that the higher percentage of sterility was effectuated by high night temperature than by high day temperature. The increase in sterility may be attributed to the depression of nocturnal translocation of carbohydrates with high night temperature.

B) Humidity

Hindrance in fertilization by abnormal another dehiscence and abnormal pollen discharge, resulting from high humidity was studied on the ears by the same method as followed in the temperature experiments. The ears were subjected to the humidity of 64, 81 and 98 % respectively. It was learned that high humidity at anthesis is one of the conditions unfavorable to fertilization.

When the ears of barley growing in the field are covered with glass-tubes for several days during flowering period, the percentage of sterility increases for the following reasons, 1) high humidity, 2) low transpiration, 3) low light intensity etc. Although it is supposed that rain-fall will bring about the conditions similar to the above-mentioned, it causes no practical increase in sterility because the boot leaf sheath keeps rain off the flowers.

大豆子実中油脂の迅速定量法

新 田 一 彦*

RAPID METHOD FOR THE DETERMINATION OF OILS IN SOYBEAN SEEDS

By Kazuhiko NITTA

緒　　言

大豆子実中の油脂を定量するには一般にエーテルによる抽出法を用いるが，この方法は分析に数日を要するので多数の育種系統を取扱う場合とかこれに類した多数の材料の脂肪含量を調べる場合には非能率的である。1948年 VAN DE KAMER 等は鹼化法を用いて糞中の脂肪を極めて短時間に定量する研究を行つたが，最近福場等は食品中の脂肪の定量に VAN DE KAMER 等の方法を殆どその儘応用出来ることを発表した。著者は脂肪含量既知の大豆子実を用い VAN DE KAMER 等の方法を大豆の脂肪定量に適用することの可否について検討した結果，得られる値は常に既知の値よりも低く（成績第2表参照），誤差も大きく，大豆に応用するにはこの定量法に若干の改良又は補正を加えねばならぬことを知つた。即ちこの方法に於ける第一の欠陥は鹼化後遊離した脂肪酸を完全に捕獲することが出来ないため，実験値は真の値よりも幾分低く，従つて計算に際して1.04を乗じて値を補正している点である。大豆の如く脂肪量が多い場合には当然伴う誤差も大きく，これを小さくするには，遊離した脂肪酸を出来る限り完全に捕獲出来るように工夫しなければならない。又計算に用いる脂肪の平均分子量は，やはり試料によつて異るべきで一率に284を用いるということは理論的にも無理があり，従つて大豆に於ても大豆油の平均分子量を求めて用いなければならないと考える。以上の2点に関してその改良に成功したのでここに報告する。

実 験 の 部

1. 試　　薬

96％	Ethyl alcohol
33％	KOH
25％	HCl
Petroleum ether b.p. 40～60°C	
N/20	NaOH
1％	Thymol blue

2. 定 量 法

A．操作　粉砕試料の一定量（2 g）を 200 ml のエルレンマイヤーフラスコに秤取した後，96％エチルアルコール 40 ml 及び 33％ KOH 10 ml を加え，逆流冷却器を付けて30分間加熱沸騰させて脂肪を鹼化する。鹼化後 50 ml の蒸溜水を加え，暫時放冷後 25％ HCl 15 ml を徐々に加え脂肪酸を遊離させる。この酸性液を再び冷却し 50 ml の石油エーテルを正確に加え，フラスコをゴム栓で密閉してから約1分間激しく振盪し，遊離脂肪酸を石油エーテル層に移行させる。静置して完全に石油エーテル層を分離した後この石油エーテル層から一定量（10 ml）をピペットで採り，100 ml のビーカーに入れる。次に濾紙片を加えて突沸に注意しながらエーテルを徐々に蒸発せしめる。蒸発後残渣に中性エチルアルコール約 10 ml を加え，Thymol blue を指示薬として N/20 NaOH で滴定する。

B．計算　大豆油脂の平均分子量を292とし，次のような計算式によつて計算する。

$$大豆の脂肪含有率(\%)=\frac{T\times292\times5\times100}{2\times W\times10,000}=\frac{T}{W}\times7.3$$

T：滴定に要した N/20 NaOH の容積（ml）
W：分析に用いた試料の重量（g）

3. エーテル抽出法との比較

大豆16品種を用い上記の方法に従つて脂肪の定量を行つたが，その値をエーテル抽出法に拠る

---
* 作物部作物第3研究室

値と比較すれば次のとおりである(第1表)。

第1表　大豆子実の脂肪定量値に関するエーテル抽出法と鹼化法との比較

Table 1　Comparison of oil contents in soybean seeds by extraction method and saponification method.

品種	脂肪含量 %		$\frac{B}{A}\cdot 100$
	エーテル抽出法(A)	鹼化法(B)	
克霜	21.26	21.28	100.1
国育 44	20.74	20.75	100.0
中生光黒	19.39	19.31	99.6
秋田大豆	19.06	19.14	100.4
リンカーン	19.06	19.14	100.4
小金黄1号	18.14	18.24	100.6
十勝長葉	17.88	17.89	100.0
大谷地2号	17.84	17.89	100.3
黄宝珠	17.42	17.35	99.6
丸小粒	17.19	17.16	99.8
北見長葉	16.98	16.99	100.0
早生黒千石	16.80	15.56	92.6
混保系大豆	16.18	16.17	99.9
銀大豆	16.05	16.27	101.4
中生裸	15.46	15.56	100.6
茶小粒	13.73	13.77	100.2

第1表に於てエーテル抽出法による定量値と鹼化法の定量値(「早生黒千石」を除き)とは極めて近似しており，大豆の脂肪定量に際し前記の定量法を以つて充分にエーテル抽出法に代用出来ることを示している。「早生黒千石」のみエーテル抽出法の値と鹼化法による値の差が大きいが，これは「早生黒千石」は緑色大豆であり葉緑素含量が高く，エーテル抽出法ではその葉緑素がエーテル浸出物中に混入するためであつて，定量値はむしろ鹼化法の方が正しい値を示しているものと思う。

次に上記の定量法に於て VAN DE KAMER 或いは福場等の用いた方法を改良した点について述べよう。

吟　　味

1. 鹼化後の蒸溜水の添加

既述の定量操作に於て鹼化後 50 ml の蒸溜水を添加し暫時放冷後 25% HCl を加えるが，一方 VAN DE KAMER 等の方法に於ては鹼化放冷後直ちに 25% HCl を添加している。この鹼化後 50 ml の蒸溜水を添加するという操作が，如何に重要であるかは次の実験結果がこれを証明している。即ち前述の定量操作に於て鹼化後に加える蒸溜水の量を 0 ml から 60 ml まで7段階に分けた場合，各処理の定量値に及ぼす影響は第2表の如くである(計算は前述の方法に拠つた)。

第2表　鹼化後添加する蒸溜水の量の脂肪定量値に及ぼす影響

Table 2　Effect of distilled water added after saponification on values of oil contents in soybean seeds.

添加した蒸溜水量 ml	定量値(脂肪含量)%		
	大谷地2号	北見長葉	小金黄1号
0(福場氏法)	14.49	13.06	16.10
10	16.28	15.20	16.45
20	17.35	16.45	17.17
30	17.53	16.63	17.89
40	17.71	16.81	18.06
50(改良法)	17.89	16.99	18.24
60	17.89 (17.84)	16.99 (16.98)	18.24 (18.14)

括弧内の数字はエーテル抽出法による定量値を示す。

第2表に於て鹼化後添加する蒸溜水の量が増すにつれ定量値は次第に増大し 50 ml 添加後は値が一定となつている。鹼化後添加する蒸溜水量の増大と共に定量値が大きくなるのは，一般に脂肪酸はアルコールにも石油エーテルにも溶解する性質を持つているが，蒸溜水の添加によつてアルコールの濃度が小さくなれば HCl の添加によつて遊離した脂肪酸のアルコール層への溶解度も小となり，石油エーテル層へ移行する量がそれだけ増大するためと考えられる。

このようにアルコール層のアルコールの濃度は石油エーテル層に移行する脂肪酸の量を支配すると考えられるので，この点を更に吟味するため，大豆油を構成している重要な2,3の脂肪酸を使用し，脂肪酸のアルコール層と石油エーテル層への分配の様相についてアルコールの濃度を種々に変えて試験を行つた。即ち 200 ml のエルレンマイヤーフラスコに一定量の脂肪酸をとり，これを 50 ml の種々の濃度のアルコールに溶解させ，石油エーテル 50 ml を添加し，フラスコを密栓して激しく振盪し静置後石油エーテル層から一定量をビーカーに採取し，エーテル蒸発後 Thymol blue

を指示薬として N/20 NaOH で滴定しその結果から石油エーテル層に移行した脂肪酸の量を算定した（第3表）。

第3表　アルコールの濃度の石油エーテル中に移行する脂肪酸の量に及ぼす影響

Table 3　Effect of concentration of alcohol on the amount of fatty acids translocating into ether layer.

アルコール	石油エーテル中に移行する脂肪酸の量（g）		
濃度 %	Linoleic acid	Oleic acid	Palmitic acid
80	0.134	0.122	0.156
70	0.170	0.150	0.180
60	0.182	0.157	0.186
50	0.190	0.162	0.190
40	0.197	0.168	0.190
30	0.199 (0.202)	0.171 (0.173)	0.190 (0.190)

括弧内の数字は三角フラスコに採取した各脂肪酸の既知量を示す。

第3表に於てアルコールの濃度が小さくなるにつれ石油エーテル層に移行する脂肪酸の量が次第に多くなり，アルコールの濃度が40％以下になればアルコール層中に残存する脂肪酸が極めて少なくなり，脂肪酸はほぼ完全に石油エーテル層に移行することがわかる。前述の定量操作に於て鹼化後50 ml の蒸溜水を添加し，放冷後更に25％ HCl 15 ml を加えるがこの時のアルコール層のアルコールの濃度は大体30％強に相当している。

2．脂肪の平均分子量

一般に大豆油を構成している脂肪酸は不飽和酸がその大半を占めるが，従来の分析結果を総合してその含有割合を Linoleic acid 50％，Oleic acid 30％，Palmitic acid 8％，Linolenic acid 7％，Stearic acid 5％として計算し，脂肪酸の平均分子量を279と定め，大豆の脂肪の平均分子量として292を採用した。福場等は脂肪を構成している脂肪酸の分子量として VAN DE KAMER 等と同様に284（Stearic acid の分子量に相当する）を用い，これを大豆その他の食品の鹼化法による脂肪定量に適用しているが，既述の如く脂肪酸の平均分子量は試料によつて異るのが当然であり，しかも計算に際してはこれを脂肪の分子量に換算しなければならない。両計算式を比較すると次のとおりである。

福場氏の用いた計算式

$$大豆の脂肪含有率, \% = \frac{T \times 284 \times A \times 1.04 \times 100}{W \times a \times 10{,}000}$$

改良法による計算式

$$大豆の脂肪含有率, \% = \frac{T \times 292 \times A \times 100}{W \times a \times 10{,}000}$$

T：滴定に要した N/10 NaOH の ml 数

W：分析に用いた大豆の g 数

A：添加した石油エーテルの ml 数

a：ビーカーに採取した石油エーテルの ml 数

福場等の計算式に於ける係数1.04はアルコール層に溶解残存する脂肪酸量等に関する係数であるが，かかる係数は材料の種類とか個人によつて変動するおそれがある。

考察及び結論

既述の如く，VAN DE KAMER 等によつて提唱された鹼化法による油の迅速定量法を，大豆に適合するように若干改良を加えたが，操作上改良した主要な点は，試料を鹼化した後50 ml の蒸溜水を添加するということである。50 ml の蒸溜水を加える意味は前述のとおりであるが，仮に VAN DE KAMER 等の方法をそのまま大豆の脂肪定量に適用した場合，定量値は多少低くあらわれるが，もしその値に変動がないとすれば最後に適当な係数を乗じて値を補正すれば結果的には何等不満はないことになる。しかしながら添加するアルコール或いは苛性カリ或いは塩酸の量の僅かの変動或いは鹼化中のアルコールの損失量の多少，その他の原因によつてアルコールの濃度は分析の都度多少変動すると考えねばならない。即ちこの場合アルコールの濃度は60％を前後することとなり，かかる高濃度に於ては第2表及び第3表の成績の示す如く，遊離脂肪酸の石油エーテル層とアルコール層への分配率も多少変動し滴定値に誤差を生ずるのである。しかるに鹼化後50 ml の蒸溜水を添加すれば塩酸添加後アルコールの濃度は約30％となる。アルコールの濃度が30％前後まで薄められれば，遊離脂肪酸は殆どアルコール層に溶解せず従つて滴定値には影響がないのである。

計算式に於て脂肪の平均分子量として一応292を採用したが，これは厳密には大豆の種類によつ

て異るものと思う。特に比較的分子量の小さい Palmitic acid の含量の多少は，脂肪の平均分子量に影響を及ぼすから材料によつては脂肪の平均分子量を 293 或いは 291 とした方がより良い場合もあろう。しかし第1表に掲げた品種は，その特性が色々異るにもかかわらず鹼化法の値とエーテル抽出法による値が極めて近似しており，大豆油の構成脂肪酸の含有割合は少なくとも品種によつて大差はないものと考えられる。

滴定の際に用いる NaOH の濃度は福場等の場合は N/5 であるがこれは誤差が大きくなると思われるので N/20 とした。

分析に要する時間は，石油エーテルの膨脹係数が比較的大きいため温度の変化による誤差を防ぐ意味で，定量操作に於ける溶液の冷却時間に余裕をとれば全操作を完了するのに 60～90 分を要するであろう。

以上の如く VAN DE KAMER 等が糞に用いた鹼化法による迅速脂肪定量法を若干改良して，大豆子実中の脂肪の定量に応用した結果，鹼化法を以て充分にエーテル抽出法に代用出来ることが明かとなつた。従つて今後は従来エーテル抽出法により数日を要した脂肪の分析も極めて短時間にこれを行うことが出来ることは色々の意味に於て有利であると思う。

参考文献

1) 福場博保・山沢伸江・稲垣長典 (1954): 食品中の脂肪簡易定量法，日・農・化，28，59～62.

2) VAN DE KAMER, J. H. TEN BOKKEL, H. and WEYERS, H. A. (1948) : Rapid method for the determination of fat in feces. J. Biol. Chem., 177, 347～355.

3) GEPHAT, F. C. and CSONKA, F. A. (1914) : On the estimation of fat in feces. J. Biol. Chem., 19, 521～531.

4) SAXON, G. J. (1914) : A method for the determination of the total fats of undried feces and other moist masses. J. Biol. Chem., 17, 99～102.

5) FOLIN, O. and WENTWORTH, A. H. (1909) : A new method for the determination of fat and fatty acids in feces. J. Biol Chem., 7, 421～426.

Résumé

In breeding soybean for high oil contents, a large number of oil determinations are required.

The ether extraction method hitherto used for such determinations is too time-consuming to be practical.

Recently, however FUKUBA et al.[1] reported the rapid saponification method for oil estimation of soybean seeds, modifying the method of VAN DE KAMER[2]. Their method is based on the principle that the fatty acids derived from the neutral oils can be extracted almost quantitatively with petroleum ether from an acidic alcoholic solution of about 60 per cent ethanol. But from the results of retrial to ascertain if their method might give correct results for estimation of oil contents of soybean seeds, the writer found that the results were always different from those obtained by extraction method, because of imperfect extraction of fatty acids and unsuitable calculation formula to represent the oil content of soybean seeds.

Applying the principles published by VAN DE KAMER and others, the author proposes some modifications of the saponification method and succeeded in establishing an accurate and rapid method for determination of oil contents in soybean seeds. The procedure is as follows :

About 2 gm of pulverized soybean seeds are weighed in a 200 ml Erlenmeyer flask. After adding 40 ml. of 96% ethanol and 10 ml. of 33% KOH, the mixture is boiled for 30 minutes under reflux condenser, and then 50 ml. of distilled water is added to reduce the concentration of ethanol in the solution, after that the mixture is cooled. Fifteen ml. of 25% HCl are added, and then cooled again. Exactly 50 ml. of petroleum ether are added and the flask is stoppered with a rubber stopper and shaken strongly for 1 minute. After complete

separation, 10 ml. of the petroleum ether layer are transferred into 100 ml. beaker by using a pressure pipette. After adding a piece of filter paper, the petroleum ether is evaporated and 10 ml. of neutral ethanol are added. The fatty acids are titrated with 0.05 N NaOH from a microbiurette, using thymol blue as indicator, until the yellow color changes to green. The calculation is carried out according to VAN DE KAMER, assuming that the fatty acid contents of soybean oils are 50 % linoleic, 30 % oleic, 8 % palmitic, 7 % linolenic, 5 % stearic acids, and the average molecular weight of soybean oils is 292. When T is the volume of 0.1 N NaOH used for the titration and W is the gms. of soybean seeds, the oil contents can be calculated by the following formula.

$$\frac{T \times 292 \times 5 \times 100}{W \times 10,000} = \text{neutral oil in gm. per 100 gm. of soybean seeds.}$$

By the method described above the oil contents in soybean seeds can be determined within 60 to 90 minutes.

甜菜間引の精粗が収量及び糖分に及ぼす影響について

加藤勝信* 大久保甲子*

THE EFFECTS OF ONE-BEET AND TWO-BEET HILLS ON SUGAR-BEETS YIELD AND SUGAR PERCENTAGE

By Katsunobu KATO and Koji OHKUBO

甜菜の間引は，発芽後に行う管理のうちで適期に，手早く行わなければならない重要な作業であり，しかも多くの労力を必要とする。

このために砕粒種子の使用，或いは単胚種子の育成等によつて，その作業能力の軽減が図られている。また欧米に於ては，機械による間引作業が実施されている。前記の問題と関連して，間引の際に圃場に散見される2本立が甜菜の収量，糖分に如何なる影響を及ぼすかについて，1954年試験を行つたので，その概要を報告する。

試験材料及び方法

1. 施行場所：北海道農業試験場圃場
2. 供試品種：「本育192号」，「G W 304」
3. 試験区制：1区面積 16.2 m²，分割区試験法，3反覆
4. 耕種方法：5月8日播種，栽培管理は本場標準耕種法によつた。
5. 試験区別：試験区は第1表に示したように株数を減らして2本立で補つた場合と，単に2本立の率を変えた場合の計11区を設けた。なお，試験区内の2本立，欠株及び2本立の方法は間引時にすべて任意に設定した。

試験結果

得られた試験成績は第2表及び第3表に示した。これらの成績についての分散分析の結果は第4表の如くである。

第1表 間引の試験区別
Table 1 Experimental design of thinning methods.

試験区番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2本立 %		0	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
22.5m当	本数	100	100	100	100	100	100	120	140	160	180	200
	株数	100	90	80	70	60	50	100	100	100	100	100

第2表 各種間引方法による2品種の収量
Table 2 Investigation of yields in each varieties.

試験区別	1区当 本数	1区当 総重	1区当 菜根重	1区当 葉茎重	菜根1個平均重量	根中糖分	純糖率	可製糖量
「本育192号」								
	本	kg	kg	kg	g	%	%	kg
1) 40株 40本	78	60.9	25.2	35.7	323	15.58	91.18	3.57
2) 36 40	79	61.8	26.5	35.3	335	15.82	90.29	3.79
3) 32 40	79	62.3	25.6	36.7	322	15.63	89.98	3.60
4) 28 40	80	61.3	24.1	37.2	301	15.55	90.68	3.39

* 作物部特用作物第1研究室

試験区別	1区当 本数	総重	菜根重	葉茎重	菜根1個平均重量	根中糖分	純糖率	可製糖量
	本	kg	kg	kg	g	%	%	kg
5) 24株 40本	80	57.2	22.4	34.8	282	15.51	89.81	3.13
6) 20　40	80	59.4	22.6	36.8	283	15.42	89.72	3.12
7) 40　48	92	62.8	24.5	38.3	267	15.67	90.30	3.46
8) 40　56	110	67.6	25.5	42.1	231	15.43	91.24	3.58
9) 40　64	125	66.9	25.0	41.9	200	15.50	90.03	3.49
10) 40　72	142	71.4	25.3	46.1	179	15.81	90.18	3.61
11) 40　80	159	74.4	26.8	47.6	169	15.58	90.27	3.77
「G W 304」								
1) 40　40	78	56.7	22.9	33.8	292	15.57	90.59	3.22
2) 36　40	78	58.5	23.7	34.8	305	15.32	89.98	3.27
3) 32　40	79	58.4	23.7	34.7	299	15.06	90.68	3.24
4) 28　40	79	57.7	22.3	35.4	282	15.31	91.06	3.11
5) 24　40	80	56.6	23.1	33.5	290	15.23	89.95	3.15
6) 20　40	80	58.1	21.2	36.9	266	15.31	91.38	2.97
7) 40　48	94	53.9	22.3	31.6	238	15.57	91.30	3.17
8) 40　56	111	65.0	24.8	40.2	224	15.29	90.69	3.44
9) 40　64	125	68.2	26.9	41.3	219	15.29	90.22	3.71
10) 40　72	140	68.6	26.2	42.4	188	15.38	90.51	3.64
11) 40　80	154	71.7	25.5	46.2	166	15.14	91.59	3.53

第3表　各種間引方法による2品種の平均収量

Table 3　Average yields and sugar contents of two varieties by various thinning methods.

試験区別	1区当 本数	総重	菜根重	葉茎重	菜根1個平均重量	根中糖分	純糖率	可製糖量	反当収量	欠株
	本	kg	kg	kg	g	%	%	kg	斤	%
1) 40株 40本	78	58.8	24.1	34.7	309	15.58	90.89	3.41	4,958	2.5
2) 36　40	79	60.2	25.1	35.1	318	15.57	90.14	3.52	5,165	1.9
3) 32　40	79	60.4	24.7	35.7	313	15.35	90.33	3.42	5,082	1.3
4) 28　40	80	59.5	23.2	36.3	290	15.43	90.87	3.25	4,773	0.7
5) 24　40	80	56.9	22.8	34.1	285	15.37	89.88	3.15	4,692	0
6) 20　40	80	58.8	21.9	36.9	274	15.37	90.55	3.05	4,507	0
7) 40　48	93	58.4	23.4	35.0	252	15.62	90.65	3.31	4,815	3.2
8) 40　56	111	66.3	25.2	41.1	227	15.36	90.97	3.52	5,185	1.4
9) 40　64	125	67.6	26.0	41.6	208	15.40	90.13	3.61	5,350	2.3
10) 40　72	141	70.0	25.8	44.2	183	15.60	90.35	3.64	5,308	2.1
11) 40　80	157	73.1	26.2	46.9	167	15.36	90.93	3.66	5,390	2.2

これをみると，品種と，処理×品種の間には有意性が認められないが，処理間には有意性が認められた。従つて，これを第5表のように分割してみた。株数内と本数内で有意性の示されたもの，及び近い値の示されたものについて，直交多項式によつて計算したところ，いずれも一次の項が有意であつた。これは直線的な傾向を示すから，根収量の場合，株数の増加，或いは複立(2本立)率の増加に伴い増収することを示すものと思われる。

なお，各種株立状態に於ける生育，竝に収量，糖分等の変化を知るため，次の6区に分けて個体調査を行つた。

い　両側欠の1本立　　**ろ**　片側欠の1本立

は　欠株なしの1本立　　**に**　両側欠の2本立

ほ　片側欠の2本立　　**へ**　欠株なしの2本立

これによると，生育は，「本育192号」及び「G

第4表 バリアンス分析表(Ⅰ)
Table 4 Analysis of variance. (Ⅰ)

形質	品種	処理	処理×品種	備考
総重	-	※※	-	※※＝Highly significant.
菜根重	-	※	-	※＝significant.
葉茎重	-	※※	-	(※)＝likely significant.
1個平均重	-	※※	-	
根中糖分	-	(※)	-	
可製糖量	-	※	-	

第5表 バリアンス分析表(Ⅱ)
Table 5 Analysis of variance. (Ⅱ)

形質	株数：本数	株数内	本数内
総重	※※	-	※※
菜根重	※※	(※)	(※)
葉茎重	※※	-	※※
1個平均重	※※	(※)	※※
根中糖分	-	-	-
可製糖量	※※	(※)	-

W 304」共に両側欠株のものは，草丈高く，葉数も多い傾向がみられた。根周では両品種及び1本立，2本立共に両側欠株のものは大きく，片側欠株，欠株ないものがそれに順次した。根重でも同一傾向を示した。根中糖分，及び純糖率は，1本立の区に於て，欠株のないものは共に高く，片側欠株，両側欠株これに次いで低下した。2本立では，根中糖分は一定の傾向が見られなかつたが，純糖率は　両側欠株＜片側欠株＜欠株なし　と順次する傾向が示された。

可製糖量は，両品種，及び1本立，2本立共に両側欠株のものが多く，片側欠株，欠株ないものと順次した。これらの成績のうち，収穫したものについての結果を示せば第6表の如くである。

第6表 各種株立状態における収量
Table 6 Influence of missing hill on yield and quality of sugar beets.

調査区別	1個平均 根周 192×	1個平均 根周 304×	1個平均 根周 平均	1個平均 根重 192	1個平均 根重 304	1個平均 根重 平均	根中糖分 192	根中糖分 304	根中糖分 平均	純糖率 192	純糖率 304	純糖率 平均	可製糖量 192	可製糖量 304	可製糖量 平均
1) 両側欠 1本立	148	138	143	267	226	247	88	95	92	97	98	98	227	210	219
2) 片側欠 〃	117	119	118	147	143	145	97	98	98	99	99	99	140	140	140
3) 欠株なし 〃	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4) 両側欠 2本立	102	98	100	104	93	99	99	100	100	100	99	100	102	92	97
5) 片側欠 〃	89	91	90	75	73	74	97	100	99	100	100	100	72	73	73
6) 欠株なし 〃	79	77	78	54	52	53	101	98	100	100	101	101	54	51	53

註 1) 欠株なしの1本立を100とした割合で示した。 2) 調査個体数は30個体。
3) ×に示した192は「本育192号」，304は「GM 304」の略。

考　　察

この試験の結果によると，菜根収量は欠株が10～20％程度ならばその分だけ複立で補うことにより標準に比べて減収は認められないが，それ以上はたとえ複立で本数が補われても，1個平均重量が減少するので，総体的に収量の低下は大きい。

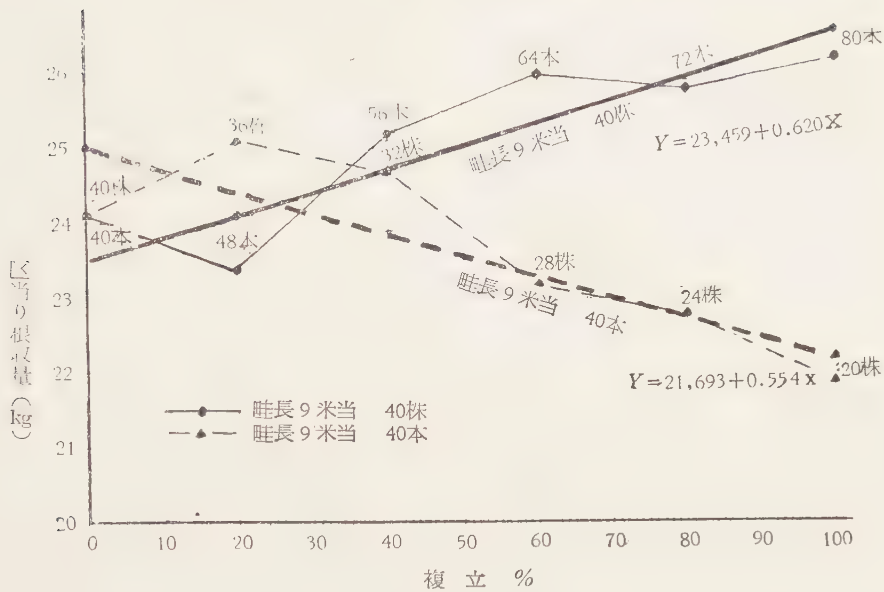
欠株を設けない場合の複立株の増加は1個平均重量を減少するも，総体的な収量を漸増する。然し複立およそ60％以上の場合の増加は著しくない（第1図参照）。糖分については，この試験の結果からは処理間に有意な差は認められなかつた。可製糖量も根収量と同じ傾向を示した。

なお葉萃重量については株数の差による増減は殆どないが，複立率の増加に伴い逓増することが認められた。

これらの傾向は供用された「本育192号」及び「GW304」の2品種について同様であつた。

勿論，この成績は試験を行う立地条件によつて，自ら異ることと考えられる。この試験は反収およそ3,000 kg (5,000斤)の地力をもつ圃場で行われたものである。

これに類似の試験は，欧米各地[1) 2) 3)]に於て既に行われている。その成績については，施行された場所によつて傾向を同じうしていないが，概して減収はしていない。



第1図　間引法と根収量との関係　（2品種平均）

Fig. 1　Curves showing the effect on harvest yield of varying percentages of single and double beets. (Average of two varieties).

摘　　要

この試験は，甜菜の栽培に於いて株数を減らして複立で本数を補つた場合と，単に複立の率を変えた場合とで，収量，糖分等に如何に影響を及ぼすかを調査するために1954年に行つたものである。その結果を摘要すれば次の如くである。

1．菜根収量は，欠株が10〜20％程度ならば，その分だけ複立で補うと標準に比べて減収は認められないが，それ以上はたとえ複立で本数が補われても，1個平均重量が減るので総体的に収量の低下は大きい。

欠株を設けない場合の複立株の増加は，1個平均重量は減少するが，総体的収量は漸増する。然し，複立およそ60％以上の場合の増加は微々たるものである。

2．糖分はこの成績の結果からは，処理間に有意な差は認められなかつた。又，可製糖量は根収量と同じ傾向を示した。

葉茎重量は株数の差による増減は殆どないが，複立％の増加に伴い逓増する。

3．これらの傾向は，供用された「本育192号」「GW 304」の両品種に於て同じであつた。

本稿を終るに当り，御懇切なる御教示と御校閲を賜つた作物部長吉野至徳氏並びに特用作物第1研究室長細川定治氏に深く感謝の意を表する。

文　　献

1. McBirney, S. W. (1946): Amer. Soc. Sugar Beets. Tech., 174〜177.
2. 北海道甜菜糖業協議会 (1949): 研究調査彙報 3, 15〜17.
3. Shneider, F. (1955): Sugar. 60.

Résumé

1. Experiments were carried out in 1954 for the purpose of making clear the effects of one-beet and two-beet hills on sugar beet yield and sugar percentage.

2. Decrease in a number of hills by 10 to 20%, provided that the reduction in number of plants was covered by setting two plants hill, resulted in the same root yield as compared with the standard numbers, but decrease by more than 20 % brought about reduction in root yield.

3. When the number of hills is kept constant an increased number of two-plant hills steadily increased yield, though yield per plant decre-

ased.

But an increase in number of hills over 60 % showed no increase in yield.

4. Significant difference in respect of sucrose was not shown between the treatments. Sugar yield increased in proportion to root yield.

5. The results of these experiments using Hon-iku No. 192 and GW 304 showed the same tendencies as mentioned above.

南瓜属の交雑に関する研究

Ⅸ *Cucurbita maxima* の雑種強勢に就いて

早瀬広司* 上田剛*

CUCURBITA CROSSES

Ⅸ HYBRID VIGOR OF RECIPROCAL F_1 CROSSES IN *C. MAXIMA.*

By Hiroshi HAYASE and Tsuyoshi UEDA

南瓜，トウモロコシはともに他花授粉植物であるが，自然状態において他花授粉率は異なり，南瓜は大体65％であるのに対しトウモロコシは大体95％で，南瓜の方が低い。更に自殖弱勢の現れ方も南瓜はトウモロコシほど著しくない（SHIFRISS, 1945)。しかし1代雑種にみる Heterosis はトウモロコシと同様に相当強く表われることについては CURTIS (1940), HUTCHINS and CROSTON (1941), LANA (1950) 等の研究により明かである。よつて南瓜の品種改良上トウモロコシにおいて報告されている一般組合せ能力 (general combining ability) と特殊組合せ能力 (specific combining ability) の検定方法が南瓜にもあてはまるかどうかを確かめるため，本試験を行つた。

材料及び方法

北海道農業試験場において1943年以来数代以上にわたつて自殖してきた6優良系統の間に相反36の交配組合せを作り（1952年），1953, 1954年の両年に triple lattice design によりそれら組合せの生産力を調査した。1953年の試験の組合せ系統中に発芽不良なものがあり，これらの系統を播き直したため，生育が非常におくれたものがあつた。1954年は特にこの点について留意して行い，その結果発芽は整一であつて，以後の生育もよく揃つた。従つてこの1954年の試験結果に基づき，1953年の結果を参考とし詳細な検討を行つた。試験区の設計については，X群は株間3尺に15尺の間隔に，Y，Z群は株間6尺に9尺の間隔に播き，発芽後間引いて1個所に1本立とし，X群の12株の株は側枝を切つて1本仕立とし，これに対し，Y，Z群の10株の蔓は自然放任とした。

播種日は5月17日，発芽は6月上旬，第1雌雄花の開花は7月25日過ぎであつた。草丈の測定は開花の直前の7月20日親蔓に就いて行つた。収穫は10月4日，果実の可溶性固形物示度及び品質の測定は3時期，即ち10月7日～12日，同月27日～28日，11月10日～12日に行つたが，時期によつて試験結果は異つていた。果実の可溶性固形物示度及び品質の測定法は食用南瓜の品質鑑定上の簡易法（早瀬，1953）によつた。

試験結果

1. 生育と収量

生育から収量までの調査結果を分散分析し第1表に示した。

開花前の草丈，及び第1雌雄花の開花日には各群により大きな差異が認められたが，収量は各群に有意義な差異が認められなくなつていた。調査各項目において，親と雑種との間，親系統の間，雑種の間に差異が認められたのに対し，雑種の相反組合せの間では差異が認められなかつたので，雑種の相反組合せの調査結果を平均値で示すことにした。開花前の草丈を第2表に示したが，雑種は親系統に比し，2661系統の入つた組合せ以外はすべて長かつた。収量に関係の深い第1雌花の開花日を第3表に示したが，これも2661系統の入つた組合せ以外のすべての雑種は両親系統よりも概して早かつた。第1雄花の開花日も第4表に

* 作物部園芸作物研究室

第1表 両親系統と雑種における開花直前の親蔓の長さ
第1雌花，雄花の開花日，収量の分散分析

Table 1 Analysis of variance of various characters among parental and hybrid combinations.

（a） 両親系統と雑種との比較

変因の要因	自由度	F 値					
		開花前の親蔓の長さ	第1雌花の開花日	第1雄花の開花日	収量	5%	1%
合計	107						
群間	2	18.20**	55.94**	12.59**	0.21	3.12	4.92
P_1 F_1 間	1	5.34**	9.46**	42.06**	48.03**	3.98	7.01
P 間	5	3.74**	8.85**	7.46**	4.63**	2.35	3.29
F_1 間	29	2.80**	4.37**	2.64**	3.09**	1.67	2.07
誤差	70						

（b） 雑種相反組合せ間の比較

変因の要因	自由度	F 値					
		開花前の親蔓の長さ	第1雌花の開花日	第1雄花の開花日	収量	5%	1%
合計	89						
G （群）	2	19.85**	55.88**	59.42**	0.59	3.34	5.45
R （相反）	1	0.16	0.38	0.03	0.04	4.20	7.68
F_1 （雑種）	14	2.64*	8.53**	18.71*	6.12**	2.06	2.80
G × R	2	0.17	0.37	0.18	3.08	3.34	5.45
R × F_1	14	3.09**	3.08**	7.00**	0.64		
F_1 × G	28	0.83	1.16	7.40**	1.35*	1.91	2.52
R × F_1 × G	28						

第2表 1954年7月20日の両親と雑種における親蔓の長さ

Table 2 Length of main vine among the parents and F_1 hybrids on July 20, 1954.

組合せ	Banana	D—1822	D—1818	竹内	2661	芳香青皮
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
Banana	(77.6)	83.8	80.5	58.3	83.1	94.9
D—1822	83.8	(33.3)	60.8	57.8	60.4	86.5
D—1818	80.5	60.8	(64.9)	60.2	90.5	68.1
竹内	58.3	57.8	60.2	(25.9)	66.2	53.1
2661	83.1	60.4	90.5	66.2	(79.1)	71.4
芳香青皮	94.9	86.5	68.1	53.1	71.4	(68.9)
F_1 の平均	80.1	69.9	72.0	59.1	74.3	74.8
親と F_1 との間の差異	+2.5	+36.6	+7.1	+33.2	−4.8	+5.9

第3表 雑種とその両親の播種から第1雌花開花までの日数

Table 3 Days from seeding to first female flowers in F_1 crosses and their parents.

組合せ	Banana	D—1822	D—1818	竹内	2661	芳香青皮
	日	日	日	日	日	日
Banana	(92.03)	87.47	91.97	90.30	87.26	92.28
D—1822	87.47	(91.17)	90.13	88.36	90.20	87.13
D—1818	91.97	90.13	(92.30)	89.17	88.72	93.38
竹内	90.30	88.36	89.17	(91.57)	87.03	89.91
2261	87.26	90.20	88.72	87.03	(83.97)	88.15
芳香青皮	92.28	87.13	93.38	89.91	88.15	(92.73)

組合せ	Banana	D—1822	D—1818	竹内	2661	芳香青皮
F_1 の平均	89.86	88.66	90.67	88.95	88.27	90.17
親と F_1 との差異	−2.17	−2.51	−1.63	−2.62	+4.30	−2.56

LSD (0.05)=3.12　　LSD (0.01)=4.12

第4表 播種から第1雄花の開花までの日数

Table 4 Days from seeding to first male flowers.

組合せ	Banana	D—1822	D—1818	竹内	2661	芳香青皮
Banana	(87.10)	84.27	83.60	85.37	83.95	84.25
D—1822	84.27	(87.73)	83.96	84.10	85.77	84.48
D—1818	83.60	83.96	(92.97)	85.50	82.41	82.80
竹内	85.37	84.10	85.50	(85.60)	85.57	88.55
2661	83.95	85.77	82.41	85.57	(86.07)	85.30
芳香青皮	84.25	84.48	82.80	88.55	85.30	(85.08)
F_1 の平均	84.29	84.52	83.65	85.82	84.60	85.08
親と F_1 との差異	−2.81	−3.21	−9.32	+0.22	−1.47	0

LSD (0.05)=3.27　　LSD (0.01)=4.32

第5表 1954年における両親と雑種との収量の比較

Table 5 Yields of the parents and F_1 hybrids, 1954.

組合せ	Banana	D—1822	D—1818	竹内	2661	芳香青皮
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Banana	(33.3)	40.5	29.0	39.3	55.6	38.8
D—1822	40.5	(17.9)	26.8	33.5	40.7	35.0
D—1818	29.0	26.8	(15.3)	34.7	39.0	24.0
竹内	39.3	33.5	34.7	(17.9)	45.3	31.8
2661	55.6	40.7	39.0	45.3	(36.7)	33.6
芳香青皮	38.8	35.0	24.0	31.8	33.6	(15.5)
F_1 の平均	40.6	35.3	31.7	36.9	42.8	32.6
親と F_1 との間の差異	+7.3	+17.4	+16.4	+18.8	+6.1	+17.1
σ^2 G[1]	24.0	15.6	48.3	2.1	59.7	21.9
σ^2 S[1]	9.8	0.2	6.3	0.3	9.9	5.6

LSD (0.05)=13.5　　LSD (0.01)=17.8

1) SPRAGUE and TATUM (1942)

自殖系統 a の一般組合せ能力の Variance

$$\sigma^2 G_a = \frac{n-1}{n(n-2)}\left\{\frac{\left(\frac{n}{2}T_a - T\right)^2}{\frac{n(n-1)(n-2)}{4}}\right\} - \frac{E}{r}$$

但し n は自殖系統数，T_a はある系統 a と他の自殖系との各組合せの生産力の合計。T は各組合せ全部の生産力の総計。E は1区に対する誤差の Variance，r は反覆数。

特定組合せ能力の Variance

$$\sigma^2 S_a = \frac{S\left[(n-2)(a \times x_i) - T_a - T_{xi} + \frac{2}{n-1}T\right]^2}{(n-2)^2(n-3)} = \frac{E}{r} + \frac{(n-3)\sigma^2 S_a}{(n-2)}$$

但し $a_x x_i$ は自殖系 a と他の i 番目の自殖系との交配の生産力，T_{xi} は x で自殖系と他の（n－1）個の自殖系との各組合せの生産力合計，σ^2G が小さければ一般組合せ能力が中位，大きければ高いか，低い。σ^2S が小さければ特定組合せ能力は著しくなく，大きければ，ある組合せが特に良いか，悪い。

示した如く一般に雑種の方が両親よりも早かつた。田沢（1946）は樺太において栽培の多かつた *C. maxima* の第1雌花の早期開花は夏季の冷涼のため雄花に比べて早いと報告している。1954年の北海道の夏季は冷涼で開花日は1953年に比して10日以上も遅れたが，第3表と第4表の比較により明かな如く，一般に雄花の第1開花が雌花のそれよりも早く，田沢の結果と異つていた。

両親と雑種との収量の比較は第5表に示したが，何れの組合せの雑種も親より収量が多くなつている。SPRAGUE and TATUM（1942）はトウモロコシの一般組合せ能力の Variance（σ^2G），と特殊組合せ能力の Variance（σ^2S）を計算する数式を提案し，トウモロコシの1代雑種と純系との関係を論じている。この方法により南瓜のこの試験結果につき比較検討した。第5表に示す如く本材料の南瓜の一般組合せ能力の Variance は特殊組合せ能力の Variance に比して大きくなつている。SPRAGUE and TATUM によると1930年の雑種強勢利用による育種のあまり進んでいなかつたトウモロコシにおいては，南瓜の場合と同様に一般組合せ能力の Variance の方が大きかつたが，育種世代の進んだ1940年のトウモロコシの材料では逆に特定組合せ能力の方が大きくなつている。この事実から考えると著者等の南瓜の場合はトウモロコシに比べて雑種強勢利用の育種は初明の段階にあることを示すものと考えられる。

以上の親と雑種との比較検討はある系統の入つた雑種とその純系との間に行われたものであるが，両親系統平均とその雑種平均との諸形質を比較したのが第6表である。開花前の草丈において雑種はその両親に比べて長く草勢の旺盛なること

第6表　F_1 組合せとその親との親蔓の長さ，播種から第1雌花開花までの日数，果実重，果実数，総収量の比較

Table 6　Length of main vine, maturity, weight of a fruit, number of fruits and total yield per 10 plants of F_1 crosses and their parents.

組合せ	親蔓の長さ	播種から第1雌花開花までの日数	果実重	果実数	収量
	cm	日	kg		kg
Banana と D—1822 との平均	55.5	91.60	2.37	10.4	25.6
F_1 平均	83.8	87.47	2.97	13.6	40.5
Banana と D—1818 との平均	71.3	92.17	2.30	10.6	24.3
F_1 平均	80.5	91.97	2.83	10.2	29.0
Banana と竹内との平均	51.8	91.80	2.00	12.8	25.6
F_1 平均	58.3	90.30	1.98	19.6	39.3
Banana と 2661 との平均	78.4	88.00	2.68	13.0	35.0
F_1 平均	83.1	87.26	3.67	15.6	55.6
Banana と芳香青皮との平均	73.3	92.38	2.16	11.3	24.4
F_1 平均	94.9	92.28	2.48	15.6	38.8
D—1822 と D—1818 との平均	49.1	91.74	1.34	12.4	16.6
F_1 平均	60.8	90.13	2.50	10.7	26.8
D—1822 と竹内との平均	29.6	91.37	1.04	17.2	17.9
F_1 平均	57.8	88.36	2.11	15.9	33.5
D—1822 と 2661 との平均	56.2	87.57	1.72	15.9	23.7
F_1 平均	60.4	90.20	3.30	12.4	40.7
D—1822 と芳香青皮との平均	50.7	91.95	1.20	13.9	15.9
F_1 平均	68.9	87.13	2.66	13.2	35.0
D—1818 と竹内との平均	45.4	91.94	0.97	17.1	16.6
F_1 平均	60.2	89.17	1.92	18.1	34.7
D—1818 と 2661 との平均	72.0	88.14	1.65	15.7	26.0
F_1 平均	90.5	88.72	3.10	12.6	39.0
D—1818 と芳香青皮との平均	66.9	92.52	1.13	13.7	15.4
F_1 平均	68.1	93.38	2.15	11.2	24.0
竹内と 2661 との平均	52.5	87.77	2.35	11.6	27.3
F_1 平均	66.2	87.03	1.63	27.4	44.3
竹内と芳香青皮との平均	47.4	92.15	0.83	20.1	16.7
F_1 平均	53.1	89.91	1.22	25.8	31.5
2661 と芳香青皮との平均	74.0	88.35	1.51	17.3	26.1
F_1 平均	71.4	88.15	1.93	17.4	33.6

が判る。第1雌花の開花期は雑種の方が一般に早いことも雑種の収量が多い1因となつている。南瓜の収量構成要素として果実重量と果実数とに分けて考えることが出来るが，雑種の果実重量，果実数は共に両親の平均か，それよりも良いため総収量が多くなつている。

2. 南瓜の品質

南瓜の食味と関係深い可溶性固形物示度及び品質について分散分析した結果を第7表に示した。果実の可溶性固形物示度と品質は調査した時期に

第7表　F_1 組合せとその両親系統における果実の可溶性固形物示度と食味との分散分析

Table 7 Analysis of variance of refractometer reading and quality of fruits in F_1 crosses and their parents.

（a）　F_1 組合せとその両親との比較

変因の要因	自由度	F 可溶性固形物	F 食味	F 5%	F 1%
合計	106				
時期	2	75.47**	7.92**	3.13	4.92
P　F_1	1	1.29	13.13**	3.99	7.04
P	5	10.13**	9.08**	2.36	3.31
F_1	29	18.95**	2.29**	1.63	2.00
誤差	69				

（b）　雑種の相反組合せの比較

変異の要因	自由度	F 可溶性固形物	F 食味	F 5%	F 1%
合計	89				
S（時期）	2	85.92**	6.25**	3.34	5.45
R（相反組合）	1	0.25	2.18	4.20	7.64
F_1（雑種）	14	3.29**	2.66**	2.06	2.80
S × R	2	2.09	0.27	3.34	5.45
R × F_1	14	1.79	0.95	2.06	2.80
F_1 × S	28	1.53	1.25	1.91	2.52
S × R × F_1	28				

より異り，親系統間，雑種系統間，親，雑種系統間で異なるが，雑種の相反組合せの間に相違が認められなかつた。それ故に雑種組合せの可溶性固形物示度，品質を示す表には相反組合せの平均で示すことにした。第8表は果実の可溶性固形物示度を表示したが，「竹内」，「芳香青皮」の親系統

第8表　F_1 組合せとその両親の果実の可溶性固形物

Table 8 Refractometer reading of fruit in F_1 and their parent.

組合せ	Banana	D—1822	D—1818	竹内	2661	芳香青皮
Banana	(12.1)	12.8	12.2	12.1	12.5	13.3
D—1822	12.8	(10.0)	11.4	13.0	12.7	13.0
D—1818	12.2	11.4	(11.1)	12.5	12.5	13.4
竹内	12.1	13.0	12.5	(13.8)	12.2	13.4
2661	12.5	12.7	12.5	12.2	(12.6)	14.0
芳香青皮	13.3	13.0	13.4	13.4	14.0	(15.2)
F_1 の平均	12.6	12.6	12.4	12.6	12.8	13.4
F_1 と親との差異	+0.5	+2.6	+1.3	−1.2	+0.2	−1.8

LSD (0.05)=1.8　　LSD (0.01)=2.3

は13〜14以上の可溶性固形物示度であつて雑種よりも高いが，その他の4つの親系統は大体10〜11で逆に雑種よりも低くかつた。両親系統の平均と雑種平均との比較の第9表では一定の傾向（雑種の方が両親に比べて高いとか，低いという）が認められなかつた。調査時期がおそくなるにつれいずれの材料においても可溶性固形物が高くなつていつた。

第9表 F_1と両親とにおける果実の可溶性固形物，食味の平均の比較

Table 9 Average of refractometer reading and quality of fruits in F_1 crosses and their parents.

組合せ	果実の可溶性固形物の示度	果実の品質	組合せ	果実の可溶性固形物の示度	果実の品質
Banana と D—1822 との平均	11.0	3.0	D—1822 と芳香青皮との平均	12.6	3.2
F_1 の平均	12.8	4.4	F_1 の平均	13.0	4.3
Banana と D—1818 との平均	11.6	3.2	D—1818 と竹内との平均	12.5	3.8
F_1 の平均	12.2	4.0	F_1 の平均	12.5	4.5
Banana と竹内との平均	13.0	4.3	D—1818 と 2661 との平均	11.9	3.6
F_1 の平均	12.1	4.4	F_1 の平均	12.5	4.5
Banana と 2661 との平均	12.4	4.2	D—1818 と芳香青皮との平均	13.3	3.4
F_1 の平均	12.5	3.8	F_1 の平均	13.4	3.8
Banana と芳香青皮との平均	13.7	3.9	竹内と 2661 との平均	13.2	4.8
F_1 の平均	13.3	4.5	F_1 の平均	12.2	3.8
D—1822 と D—1818 との平均	10.6	2.4	竹内と芳香青皮との平均	14.5	4.5
F_1 の平均	11.4	3.3	F_1 の平均	13.4	4.9
D—1822 と竹内との平均	11.9	3.6	2661 と芳香青皮との平均	13.9	4.4
F_1 の平均	13.0	4.9	F_1 の平均	14.0	4.5
D—1822 と 2661 との平均	11.3	3.4			
F_1 の平均	12.7	4.6			

果実の品質は5名の同一人により次の5段階の点数をつけ，その平均値で表示することにした。即ち優には5点，良上4，良3，可2及び不可1点とした。この結果を分散分析し第7表に示した。品質は調査時期により，親と雑種との間に，親系統の間に，雑種の間に有意義な相違が認められるが，雑種の相反組合せにおいて有意義な相違が認められないのは他の形質と同様で，第10表には相反組合せの平均値で示した。1953年に比較して1954年は品質が勝り，一般に雑種の方が品質が優れていて，何れの雑種組合せの平均値でも4以上となつている。これに対して1953年では「芳香青皮」の入つた雑種と「D—1818×D—1822」の雑種以外の食味は4以下となつていた。この両年の試験結果から品質のすぐれた組合せは「芳香青皮」の入つた雑種組合せということになる。

第10表 F_1組合せとその両親とにおける果実の品質

Table 10 Quality of fruit in F_1 crosses and their parents.

組合せ	Banana	D—1822	D—1818	竹内	2661	芳香青皮
Banana	(3.7)[1]	4.4	4.0	4.4	3.8	4.5
D—1822	4.4	(2.2)	3.3	4.9	4.6	4.3
D—1818	4.0	3.3	(2.6)	4.5	4.5	3.8
竹内	4.4	4.9	4.5	(4.9)	3.8	4.9
2661	3.8	4.6	4.5	3.8	(4.6)	4.5
芳香青皮	4.5	4.3	3.8	4.9	4.5	(4.1)
F_1 の平均	4.2	4.3	4.0	4.5	4.2	4.4
F_1 と親との差異	+0.5	+2.1	+1.4	−0.4	−0.4	+0.3

LSD (0.05)=1.4 LSD (0.01)=1.9

1) 果実の品質を次の5階級に分け点数をつけた。優：5，良上：4，良：3，可：2，不可：1。

3. 諸形質間の相關關係

1953年と1954年の両年に調査した諸形質の間

の相関関係を第11表に示した。一般に草勢が旺盛なれば収量が多いと考えられ，これは7月20日の親蔓の長さと収量との間に相関がある事実と一致した。第1雌花の開花日が早い株は，第1雄花の開花日も早いと考えたが，この2つの開花日の間に相関関係は認められなかつた。第1雌花の開花日の早いものはそれだけ収量が多いという考えは，これら2つの間に相関があるので認めて良いであろう。親系統とその雑種の収量との間に高い相関関係が認められ，雑種を作る場合両親に多収の系統を用いれば良いと考えられよう。収量の年次の間の相関関係は認められ，系統間の収量の順位は両年の間で大体一致した[1]。

第11表　南瓜の諸形質間の相関関係

Table 11 Correlation coefficient among the various characters of F_1 crosses and their parents.

形質	相関係数	自由度
1954年7月2日の親蔓の長さと収量との間	+0.434**	106
第1雌花の開花までの日数と収量との間（1954年）	−0.384**	106
第1雌花の開花日と第1雄花の開花日との間	−0.050	106
1953年の収量と1954年の収量との間	+0.693**	34
F_1の収量と親の収量との間（1954年）	+0.473*	43
果実の可溶性固形物示度と食味との間（1954年）	+0.508**	106
1953年と1954年の両年の果実の食味の間	+0.330**	34
F_1と親との果実の食味の間	+0.182	43

果実の可溶性固形物示度と品質との間には正の相関が認められ，果実の予選に可溶性固形物示度により食味の不良の果実を除去できるという前報告は再確認された（早瀬，1953）。両親系統とその雑種との品質の間に正の相関が認められるから，食味のすぐれた系統を両親とした雑種は又食味のすぐれたものになることが期待できる。南瓜の食味は両年の間に正の相関が認められ，食味の順位は年次により大きな変動なく，大体一致することが認められた。

1）両年の収量の一致係数W＝0.7336，F_0＝2,756（自由度34，$F^{40}\infty$(0.01)＝1.80）であつて，1%の危険率で一致するといつてよい。

4. 栽培品種との比較

以上の試験は北海道農業試験場において数代以上自殖したもので，生育，収量等が著しく低いものであるから，それを基準として雑種の生育や収量を比較し，雑種強勢が著しくてもはたして経済品種に比較して優るかどうかという疑問が起る。この点を明かにするため，この雑種試験に併行して1954年試験した栽培品種の収量，品質の結果を第12表に示した。収量の最低の品種は慶徳村（福島県）より来た「会津栗」の18.9kg（12株当り），最も多収であつたのは北海道大学農学部で多年連続して自然授粉により採種してきた「竹内」の30.0kgであつて第5表と対照すれば最も低い収量を示す雑種でもこの「竹内」より収量が多いことになつていた。対照の品種の中で品質の4.0以上のものは唯一つ北海道大学からの「竹内」だけであり，育成した1代雑種は平均して4.0以上であるから品質もまた一般栽培品種よりもすぐれていた。

第12表　経済品種における果実の品質と収量

Table 12 Quality of fruits and yield in the commercial varieties.

品種	由来	収量 (kg)	品質
新栗饅	西京大学	26.0	3.6
竹内	北海道大学（自然放任）	30.0	4.5
会津栗	慶徳村	18.9	3.5
節成デリシャス	雪印種苗株式会社	25.1	2.5
分岐一B	大川氏	27.2	3.8

以上の試験結果からこれら雑種第1代は対照の一般品種に比べて収量も多く品質もすぐれているが，これら雑種組合せのうち，収量品質を考慮に入れて一般栽培に奨励できる組合せは「Banana×芳香青皮」，「2661×芳香青皮」の2組合せであろう。

考　　察

(i) 自殖弱勢

今日迄南瓜の自殖を重ねてきた研究結果を検討してみたい。Haber (1923) は *C. pepo* の "Table Queen" を5代の間自殖して6つの純系を作り，この中の5系統は対照として自殖放任してきた "Table Queen" に比べて多収であり，且つその果実は同じ大さで食味のすぐれたものであつたと報

告している。

BUSHNELL (1922) は *C. maxima* に属する "Hubbard" の純系の収量は対照品種に比較して5%減少したが，これら純系間の雑種は対照品種と同じ収量であつたと報告している。CUMMING and JENKINS (1928) も *C. maxima* の "Hubbard" を10代にわたつて自殖して純系を育成したが，これらの純系は対照品種に比較して生育は幾分悪いが，収量は少しも減少しなかつたと報告している。以上のように南瓜の場合自殖を続けた純系はトウモロコシのように著しい弱勢が認められないようであるが，著者等の試験の場合では必ずしも上記の結果とは一致しない。例えば北海道農業試験場で10年以上自殖してきた *C. maxima* の「竹内」と北海道大学農学部園芸学教室で自然授粉により採種してきた「竹内」と比較対照してみると(草丈，葉の大さ等)，自殖を重ねた純系は自然授粉に比べて草勢が著しく劣り，1個の果実重量においても自殖の1.29 kg に対して放任は2.23 kg となり，総収量は自殖の17.9 kg に対し放任は30.0 kgとなつていた。更に1果当りの完全種子数も自殖の250.3粒に対し放任は312.5粒で前者が少なかつた。このように諸形質について自殖系統の方が劣つていた。この外同様なことが *C. maxima* に属する飼料用の南瓜 "Mammoth pumpkin" においても認められ，自殖系統は生育，収量ともに著しく悪くなつている。

(ii) 雑種強勢

南瓜の雑種強勢の機構に関し SHIFRISS (1947, 1949) は *C. pepo* の遺伝的研究から仮説を提唱している。例えば "Table Queen" の果実の緑色と Mutant の黄色との1代雑種は開花から果実肥大の初期は緑色であり，その果実の完熟期には黄色に変化する。又蔓性と叢性との1代雑種は開花までは叢性であるが，その後蔓性の形質が現われてくる。かように異なる対立因子をもつた雑種はその構成因子の作用する時期が異なつていて，その効果が累積的に作用して雑種強勢が結果として現われるというのである。SINGH (1949) は *C. maxima* の遺伝的研究を行い，SHIFRISS のこの仮説を支持している。南瓜の種子の大さ，重量の異なる相反組合せにおいて PASSMORE (1934), HUTCHINS and CROSTON (1941) 及び LANA (1950) が研究し，種子の大さ，重量の大なる方を母とした雑種はその相反に比べて初期の生育がすぐれ多数となると報告している。本試験に使用した6系統内の種子の大さ，重量には大きな相違が認められず，開花前の親蔓の長さ，第1雌花，雄花の開花日，収量，果実の可溶性固形物，食味等あらゆる形質に関して F_1 の相反組合せにおいても相違が認められなかつた。

雑種と両親との比較の試験は *C. pepo* では CURTIS (1940) の "Yankee hybrid" (Connecticut Straightneck No. 10× Early Prolific Straightneck), SCARCHUK (1953) の "Storrs green hyhrid" (Caserta×Salerus) の報告，*C. maxima* では HUTCHINS and CROSTON (1941) が行つた雑種10組合せ ("Selection 31" と10品種との雑種組合せ) であつて，両親の平均と等しいかそれ以上であるという。しかしトウモロコシのような純系間に雑種組合せを作り，一般組合せ能力を調査したものが今迄にないようである。本試験において数代以上自殖してきた6系統間相互に相反の36組合せの雑種を作り，相反組合せのあらゆる形質に関し相違が認められなかつたので，その平均値で一般組合せ能力の Variance と特定組合せ能力の Variance を計算した。その結果一般組合せ能力の Variance 方が大きく，トウモロコシの育種の初期段階にあることがわかつた。

この場合雑種はその両親系統ばかりでなく，対照の品種に比較しても収量，食味等あらゆる形質に関してすぐれていたことは注目に値すると考える。而して本試験の組合せの中，収量，食味の重要形質に関してすぐれているものは「Banana×芳香青皮」,「2661×芳香青皮」の2組合せであつた。

稿を終るに当り御指導を賜つた作物部長吉野至徳技官並びに助言を仰いだ細川定治技官に対し深謝する。

文献

BUSHNELL, J. W. (1922): Isolation of uniform types of Hubbard squash by inbreeding. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 19 : 139～144.

CUMMINGS, M. B. and JENKINS, E. W. (1928): Pure line studies with ten generations of Hubbard squash. Vt. Agr. Exp. Stat., Bull. 28.

CURTIS, L. C. (1940): Heterosis in Summer squash

(*Cucurbita pepo*) and the possibilities of producing F_1 hybrid seed for commercial planting. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 37 : 827～828.

——— (1942) : Yankee hybrid summer squash. An early, productive first generation cross. Conn. Agr. Exp. Stat., Cir. 152 : 61～65.

HABER, E. S. (1928) : Inbreeding the Table Queen. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 25 : 111～114.

早瀬広司 (1953) : 食用南瓜の品質鑑定上の簡易方法 北・農・試・彙報, 64 : 93～99.

HUTCHINS, A. E. and CROSTON, F. E. (1941) : Productivity of F_1 hybrid in the squash, *Cucurbita maxima*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 39 : 332～336.

LANA, E. P. (1950) : Reciprocal crosses in the squash, *Cucurbita max.* Duch. Minn. Agr. Exp. Stat., Bull. 189.

PASSMORE, S. F. (1934) : Hybrid vigour in reciprocal crosses in *Cucurbita pepo*. Ann. Bot., 48 : 1029～1030.

SCARCHUK, J. (1953) : Storrs green hybrid summer squash. A new early productive F_1 hybrid dark green summer squash. Conn. (Storrs) Agr. Exp. Stat. 1953 p. 7.

SCOTT, G. W. (1934) : Observations on some inbred lines of bush types of *C. pepo*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 39 : 332～336.

SHIFRISS, O. (1945) : Male sterilities and albino seedlings in Cucurbits. Jour. Hered., 36 : 47～52.

SHIFRISS, O. (1947) : Developmental reversal of dominance in *Cucurbita pepo*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 50 : in 330～346.

——— (1949) : A developmental approach to the genetics of fruit color in *Cucurbita pepo* L. Jour. Hered., 40 : 232～241.

SINGH, D. (1949) : Inheritance of certain economic characters in the squash, *Cucurbita maxima* DUCH. Minn. Agr. Exp. Sta., Bull. 186.

SPRAGUE, G. F. and TATUM, L. A. (1942) : General vs. specific combining ability in single crosses of corn. Proc. Amer. Soc. Agron., 34 : 923～932.

田沢博 (1946) : 寒地農業の研究 北方出版社.

Résumé

1. The authors investigated total yields, weight of a fruit, number of fruits per plant, maturity and quality of fruits in the reciprocal F_1 crosses and 6 pure line parents of *C. maxima*.

2. No differences were recognized in every respect in the F_1 hybrids of fifteen reciprocal crosses. Therefore, the mean value of the reciprocal F_1 crosses was taken in considering the results.

3. Hybrid vigor, as expressed in increased total yields, was shown by most of the F_1 crosses studied. The combined effect of weight of a fruits, number of fruits per plant and maturity appeared to influence the increase in yield. In general, the weight of a fruit in F_1 was greater than the mean of the parents, and number of fruits per F_1 plant was equal to or slightly exceeded the mean of the parents, and maturity of the F_1 hybrids came somewhat earlier than that of the parents.

4. The variance of the general combining ability of the F_1 crosses is larger than that of the specific combining ability. This relationship suggests that these material of *C. maxima* lies at the earlier stage of single cross breeding than *Zea Mays*.

5. The F_1 hybrids were generally higher than their parents in quality of fruits. A highly significant correlation was also found between the refractometer reading and quality of fruits as noted in the previous reports.

6. Significant correlations were recognized between the following characters.

(a) Length of main vine and yield in 1954.
(b) Days from seeding to the female flowers and yield in 1954.
(c) Yield in 1953 and yield in 1954.
(d) Yield of parents and the F_1 hybrids in 1954.
(e) Quality of fruits in 1953 and 1954.

7. Most combinations of the F_1 crosses produced individuals more excellent in yield and in quality of fruits than the commercial varieties.

ほうれん草の採種に関する研究

第2報　ほうれん草の生育，開花に及ぼす温度処理の影響

花　岡　　保*

STUDIES ON THE PRODUCTION OF SEED IN SPINACH

II THE EFFECTS OF VERNALIZATION ON GROWTH AND FLOWERING OF SPINACH

By Tamotsu HANAOKA

I 緒　　言

ほうれん草 (*Spinacia oleracea* L.) の晩抽薹系品種「キングオブデンマーク」は我国の生育環境下では，抽薹，開花は僅かより認められず，その採種は難かしいが，日長条件の変化によりある程度の結実の可能なことは先に報[3]じた。

これら品種を採種する場合，第一段階としていかに抽薹の促進をはかるかが問題となる。

ほうれん草並びに近似作物の抽薹，開花促進の要素として温度条件，特に催芽時，[5)8)11)14)] 或いは幼植物時[1)2)4)7)9)10)12)13)] の低温度等が関係すると云われるが，採種上の立場からこの点を検討してみた。また最近，所謂温度処理による収量増加の可能性についても関心が高まつているので，茎葉の生育についても比較してみた。本報には1953年に於ける花房分化及び発達，並びに1954年に於ける播種期を移動した場合に於ける生育，抽薹の状況などにつき報告する。

II 実験方法並びに供用材料

(1) 實　験　I　　1953年に於ける春播実験

1．処理区：供試種子を1000倍のウスプルンで消毒後，流水で洗滌し，約15時間水浸後，一部が催芽し始めた時に1±2°C の冷蔵庫内に移し，暗所で所定期間それぞれ処理し，本圃に4月28日に下種した。

処理区は1, 2, 3週間の各処理としてこれらに対照として催芽無処理区を設け，圃場は1区1.25坪，ラテン方格法とした。

2．供用材料：「キングオブデンマーク」及び「札幌大葉」。

3．実験経過：耕種は標準耕種法で行つたが，抽薹の促進度をみるだけに止めて開花前に打切つた。なお花房分化は各区サンプル5株ずつ採集し解剖顕微鏡で調査し，又一部は保存した。

(2) 實　験　II　　1954年に於ける春播実験

1．処理区：種子の処理は実験 I に準じて行い，処理区は下記のとおりとし，ラテン方格法で比較した。なお長日区は全長日である。

番号	処理区	番号	処理区
1．	8日処理区	4．	13日低温及び長日区
2．	13日　〃	5．	無処理区
3．	20日　〃		

2．供用材料：「キングオブデンマーク」及び「札幌大葉」。

3．実験経過：播種は4月23日に行い，圃場は都合で同一圃場は使用出来なかつたので分けて標準耕種法で栽培した。なお実験は6月で打切つた。

(3) 實　験　III　　1954年に於ける夏播実験

1．処理区：種子の処理は実験 I に準じて行い，処理区は下記のとおりであるが，乱塊法4反覆で比較し，日長処理区は期間中全日長日にした。

番号	処理区
1．	低温処理区（22日処理）
2．	低温及び長日処理区（22日処理）
3．	無処理区

2．供用材料：「キングオブデンマーク」及び

* 作物部園芸作物研究室

「札幌大葉」。

3. 実験経過：播種は6月11日に行い，標準耕種法で栽培したが，やや立枯病発生の傾向が認められた。

(4) 實 驗 Ⅳ　1954年に於ける秋播実験

1. 処理区：種子の処理は実験Ⅰに準じて行い，処理区は下記のとおりであるが，ラテン方格法で比較した。

番号　処理区

1. 低温処理区　　3. 浸水催芽区
2. 乾燥種子区

2. 供用材料：「札幌大葉」及び「若草」。

3. 実験経過：9月3日に下種，標準耕種法で栽培したが，順調に生育し10月中旬に収穫を終つた。

Ⅲ 実験成績

(1) 實 驗 Ⅰ　1953年に於ける春播実験

ほうれん草の催芽種子を低温処理した場合の花房分化，並びに抽薹に対する影響は第1表のとおりである。花房分化は処理により促進する傾向に

第1表 花房分化並びに抽薹の比較

Table 1 Comparison of the date of flower-stalk differentiation and elongation in treatments. (1953, spring)

A. キングオブデンマーク (King of Denmark)

番号	項目 処理区	花房分化 5月15日	花房分化 5月21日	花房分化 5月26日	5月26日における花房の大きさ 縦×横 (mm)	花房分化期 (月日)	発芽期からの日数 (日)	抽薹月日 始	抽薹月日 期	抽薹月日 揃	発芽期から抽薹期までの日数(日)	茎長 (cm)1) 6月30日	抽薹率2) (%) 6月30日	備考
						月日		月日	月日	月日				
1	7日処理区	×	△	○	0.38×0.42	5.21	9	6.13	6.21	6.27	40	9.5	97.7	1) F＝16.71**
2	14日処理区	×	△	○－	0.67×0.82	5.21	9	6.11	6.20	6.25	39	11.2	98.8	t 0.05･Sā＝2.9 t 0.01･Sā＝4.4
3	21日処理区	×	△	○－	0.60×0.72	5.21	10	6.11	6.19	6.23	39	12.1	100.0	2) F＝21.41**
4	無処理区	×	×	○	0.28×0.21	5.24	12	6.13	6.23	7. 2	42	4.3	80.3	t 0.05･Sā＝ 7.0 t 0.01･Sā＝10.6

註　×未分化，△分化始，○分化，－茎部伸長。

B. 札幌大葉 (Sapporo Ohba)

番号	花房分化 5月13日	花房分化 5月15日	花房分化 5月18日	花房の大きさ(mm) 5月21日	花房の大きさ(mm) 5月26日	花房分化期 月日	発芽期からの日数(日)	抽薹月日 始	抽薹月日 期	抽薹月日 揃	発芽期から抽薹期までの日数(日)	茎長(cm) 6月1日	茎長(cm) 6月10日	茎長(cm) 6月17日 1)	抽薹率(%) 6月11日 2)	抽薹率(%) 6月16日 3)	備考
						月日		月日	月日	月日							
1	×	×△	○	0.40×0.40	0.53×0.59	5.15	7	6.3	6.10	6.17	33	0.1	2.5	10.8	51.9	86.8	1) F＝7.73 t 0.0.･Sā＝4.1
2	×	△	○－	0.51×0.62	0.83×0.95	5.15	7	6.1	6. 9	6.14	32	0.3	2.8	13.4	64.8	93.1	2) F＝44.69**
3	×	△	○－	0.67×0.85	0.96×0.96	5.14	6	6.1	6. 8	6.14	31	0.3	3.4	13.6	70.6	93.7	t 0.05･Sā＝10.9 t 0.01･Sā＝16.5
4	×	×	○	0.31×0.37	0.56×0.65	5.16	8	6.3	6.12	6.19	35	0.1	1.9	6.8	23.5	78.5	3) F＝1.47

あり，「キングオブデンマーク」は約3日，「札幌大葉」は約2日の促進を示した。花房分化後の発育については，比較的判然とした区別差異が認められ，花房分化と同様の傾向を示した。抽薹期は処理によつて，両品種共に2～4日の促進が認められ，その程度は，処理期の長いほど大で，茎長及び抽薹率なども同傾向を示した。

茎葉部の生長並びに重量の変化などは第2表のとおりであるが，処理区に於ける葉数の増加は抽薹，及び開花等と関連する為と考えられる。葉部の生長については，「札幌大葉」に差異は認められないが「キングオブデンマーク」に於ては処理区と無処理区間に有意差が認められた。なお処理区は概して発芽が悪かつた。

(2) 實 驗 Ⅱ　1954年に於ける春播実験

処理区の生育，並びに抽薹についての比較は第

3表のとおりである。同表によれば処理区は抽薹　　促進の傾向を示しているが処理期間の長いほどそ

第2表　茎葉部の生育並びに収量の比較

Table 2 Comparison of the growth and yield of plants. (1953, spring)

A．キングオブデンマーク (King of Denmark.)

番号＼項目	葉長 (cm) 6月1日	葉長 (cm) 6月10日	葉数 6月1日	葉数 6月10日	葉数 6月30日 1)	茎葉重量 (g) (6月12日) 0.625坪当 (g) 2)	同指数 (%)	1株重 (g) 3)	同指数 (%)	欠株率 4) (%)	備考
1	7.1	13.8	5.0	9.9	54.2	390	153.7	15.0	133.9	13.3	1) F = 6.55* t 0.05·Sd = 10.4 t 0.01·Sd = 14.0
2	6.9	13.7	5.1	7.9	63.3	308	121.2	13.6	121.4	25.0	2) F = 2.62
3	7.4	14.6	5.1	8.0	66.6	345	135.9	16.0	142.9	23.3	F 4 : (1.2.3) = 13.95** 3) F = 4.55
4	6.7	12.4	5.0	8.2	28.8	254	100.0	11.2	100.0	24.2	F 4 : (1.2.3) = 10.26** 4) F = 1.43

B．札幌大葉 (Sapporo Ohba.)

番号＼項目	葉長 (cm) 5月21日	葉長 (cm) 6月1日	葉長 (cm) 6月10日	葉数 5月21日	葉数 6月1日	葉数 6月10日	葉数 6月17日 1)	茎葉重量 (g) (6月12日) 0.625坪当 (g) 2)	同指数 (%)	1株重 (g) 3)	同指数 (%)	欠株率 4) (%)	備考
1	3.8	8.1	14.3	2.1	5.7	9.2	20.2	484	95.8	16.6	96.5	3.3	1) F = 10.77** t 0.05·Sd = 3.3
2	4.0	8.1	15.0	2.5	5.8	9.7	24.4	495	98.0	17.5	101.7	5.8	t 0.01·Sd = 5.0
3	3.7	8.3	15.1	2.4	6.0	9.7	22.8	565	111.0	20.5	119.2	8.3	2) F = 1.43 3) F = 1.33
4	3.9	8.0	15.1	2.1	5.8	8.9	17.3	505	100.0	17.2	100.0	2.5	4) F = 3.30

第3表　生育並びに抽薹の比較 (1954 年春播)

Table 3 Comparison of the vegetative and reproductive growth. (1954, spring)

A．キングオブデンマーク (King of Denmark.)

番号	処理区＼項目	抽薹月日 始 (月 日)	抽薹月日 期 (月 日)	抽薹月日 揃 (月 日)	発芽期より抽薹期に至る日数 (日)	抽薹促進率 (%)	収穫期(6月22日)における 茎長 ※ 1) (cm)	葉長 (cm)	葉数 2)	葉の大きさ 葉長×葉幅	同指数	茎葉重量指数 (%) 面積 3) 換算	1株重 4)	備考
1	8 日処理区	6.23.0	7. 2.0	7. 6.6	63.0	−1.94	26.4	15.5	12.8	131.2	93.1	94.6	77.8	1) F = 15.69** 2) F = 3.31*
2	13 日処理区	6.22.6	6.29.0	7. 5.4	57.6	6.15	30.3	18.0	13.1	167.2	118.7	109.6	110.0	3) F = 1.87
3	20 日処理区	6.19.2	6.28.3	7. 1.8	57.1	7.61	37.4	18.5	13.4	174.0	123.5	123.8	106.8	F : 5(1.2.3.4) = 0.89
4	13日低温及長日区	6.28.1	7. 2.7	7. 6.4	58.9	5.02	25.6	19.0	13.4	188.0	133.3	107.7	122.7	4) F = 5.23*
5	無処理区	7. 1.1	7. 4.4	7.14.0	61.8	-	16.4	17.6	12.7	141.0	100.0	100.0	100.0	F : 5(1.2.3.4) = 0.21

註 1．*印は 7 月 21 日における調査。　2．7 月 1 日に茎長は 2.4～7.0 cm であつた。

B．札幌大葉 (Sapporo Ohba)

番号	処理区＼項目	抽薹月日 始 (月 日)	抽薹月日 期 (月 日)	抽薹月日 揃 (月 日)	発芽期より抽薹期に至る日数 (日)	抽薹促進率 (%)	6月21日における 茎長 1) (cm)	葉長 (cm)	葉数 2)	葉の大きさ 葉長×葉幅	同指数	抽薹率 (%) 6月10日	6月21日	備考
1	8 日処理区	6. 6.2	6.16.6	6.23.2	43.4	1.36	9.3	16.8	17.3	122.7	95.3	7.7	97.7	1)
2	13 日処理区	6. 6.6	6.15.8	6.23.2	42.3	3.86	9.1	15.2	18.4	107.8	83.8	15.4	95.8	F = 2.12
3	20 日処理区	6. 7.0	6.14.8	6.22.6	41.3	6.14	8.8	15.1	19.5	114.8	89.2	7.9	97.7	2)
4	13日低温及長日区	6. 9.8	6.15.6	6.24.3	42.1	4.32	7.7	16.2	16.6	118.3	92.1	7.8	94.5	F = 1.88
5	無処理区	6.10.0	6.17.0	6.23.8	44.0	-	6.2	17.6	15.9	128.5	100.0	1.7	97.1	

註　茎葉重の比較は行わなかつた。

の程度は大であり，長日併用の区は特に差は認められない。茎長，葉数等については「キングオブデンマーク」に統計的に差異が認められるが，茎葉重については処理区と無処理区間に差異は認められない。然し平均値に於ては「キングオブデンマーク」の「13日処理区」，「20日処理区」並びに「13日低温及び長日区」が多かつた。

(3) **実験 Ⅲ**　1954年に於ける夏播実験

夏播に於ける処理区の生育，並びに抽薹の状況は第4表のとおりである。処理区は，抽薹期に於て促進が認められ，茎長，葉数に於ても統計的に有意差が認められる。然し長日処理併用の影響は特に認められない。又葉長，葉幅につき差異は認められなかつた。

(4) **實驗 Ⅳ**　1954年に於ける秋播実験

秋播に於ける生育並びに抽薹の状況は第5表のとおりである。処理区は抽薹期が促進せられ，茎長は長く葉数は大であるが，「札幌大葉」の葉数に

第4表　生育並びに抽薹の比較（1954年，夏播）乱塊法

Table 4　Comparison of the vegetative and reproductive growth. (1954, summer)

A．キングオブデンマーク (King of Denmark)

番号	処理区＼項目	抽薹月日 始	抽薹月日 期	抽薹月日 揃	発芽期より抽薹期に至る日数(日)	抽薹促進率(%)	抽薹率(%) 7月10日	抽薹率(%) 7月15日	抽薹率(%) 7月22日	抽薹率(%) 7月29日	抽薹率(%) 8月10日	8月10日に於ける草丈(cm)	7月9日における 茎長cm	7月9日における 葉数	7月9日における 葉長×葉幅	7月9日における 同指数	7月22日における 茎長1) cm	7月22日における 葉数2)	7月22日における 葉長×葉幅	7月22日における 同指数	備考
		月 日	月 日	月 日																	
1	低温処理区	7.12.0	7.21.3	8. 1.6	33.5	33.00	8.5	24.2	51.6	77.0	98.3	18.8	0.3	7.0	43.5	109.8	6.2	16.8	115.5	92.7	1) F = 8.16*
2	低温及長日処理区	7.10.5	7.20.0	7.30.0	30.3	39.40	8.5	32.9	52.9	75.1	98.2	18.6	0.5	7.3	42.6	108.5	3.6	21.5	129.5	103.9	
3	無処理区	7.26.0	8. 9.0	-	50.0	-	0	0	0	5.3	44.6	10.4	0	6.9	39.4	100.0	0	13.7	124.6	100.0	2) F = 8.36*

B．札幌大葉 (Sapporo Ohba)

番号	処理区＼項目	抽薹月日 始	抽薹月日 期	抽薹月日 揃	発芽期より抽薹期に至る日数(日)	抽薹促進率(%)	抽薹率(%) 7月9日	抽薹率(%) 7月22日	7月9日における 茎長(cm)	7月9日における 葉数	7月9日における 葉長×葉幅	7月9日における 同指数	7月22日における 茎長1)(cm)	7月22日における 葉数2)	7月22日における 葉長×葉幅	7月22日における 同指数	備考
		月 日	月 日	月 日													
1	低温処理区	7. 3.3	7. 6.5	7. 9.0	20.0	23.8	98.0	100.0	4.5	8.4	48.9	91.6	28.1	30.5	89.8	79.3	1) F = 27.50**
2	低温及び長日処理区	7. 1.1	7. 6.0	7. 9.0	19.0	28.3	83.0	100.0	5.2	8.7	49.1	92.0	28.4	33.3	100.1	88.4	2) F = 5.27*
3	無処理区	7. 7.7	7.13.8	7.19.0	26.5	-	35.2	93.3	0.5	7.5	53.4	100.0	18.2	25.9	113.3	100.0	

第5表　生育並びに抽薹の比較

Table 5　Comparison of the vegetative and reproductive growth. (1954, autumn)

A．札幌大葉 (Sapporo Ohba)

番号	処理区＼項目	発芽期(月日)	抽薹始(月日)	10月9日における 茎長(cm)	10月9日における 葉数	10月9日における 葉長×葉幅	10月9日における 同指数(%)	10月17日における 茎長(cm)	10月17日における 葉数	10月17日における 葉長×葉幅	10月17日における 同指数(%)	茎葉重量指数(%) 面積当	茎葉重量指数(%) 1株重当
		月日	月日										
1	低温処理区	9. 7	10.9	0.2	5.0	37.0	87.7	0.2	6.2	49.5	49.5	47.6	92.5
2	乾燥種子区	9.10	-	0	5.2	36.1	85.5	0	7.2	44.6	44.6	72.6	103.5
3	浸水催芽区	9. 7	-	0	5.2	42.2	100.0	0	7.0	53.5	100.0	100.0	100.0

B．若　草 (Wakakusa)

番号	処理区＼項目	発芽期(月日)	抽薹月日 始	抽薹月日 期	抽薹月日 揃	10月9日における 茎長(cm)	10月9日における 葉数	10月9日における 葉長×葉幅	10月9日における 同指数(%)	10月17日における 茎長(cm)	10月17日における 葉数	10月17日における 葉長×葉幅1)	10月17日における 同指数(%)	茎葉重量指数(%) 面積当	茎葉重量指数(%) 1株重当2)	備考
		月日	月 日	月 日	月日											
1	低温処理区	9. 7	9.23.7	9.27.0	10.10	1.9	9.7	50.3	102.2	3.2	18.7	91.4	134.0	93.6	120.8	1) F = 10.75
2	乾燥種子区	9.10	-	-	-	0	6.2	44.4	90.2	0	8.4	61.2	89.7	70.1	75.1	2) F = 8.09
3	浸水催芽区	9. 7	10. 8.0	-	-	0	6.1	49.2	100.0	0.1	9.5	68.2	100.0	100.0	100.0	

ついては判然としない。茎葉の生長については低温処理区は葉長×葉幅並びに1株重に於て平均値は優れたが，統計的に有意差はなく，又乾燥種子区は浸水種子区に比し遙かに悪かつた。

Ⅳ 考　　察

(1) 催芽時の低温処理が抽薹に及ぼす影響

種子催芽等の低温がその後の作物の抽薹，開花を促進する点については，ほうれん草[8]及びその他の作物[6) 11) 14)]に於て既に知られている。本実験の成績に拠れば，年次，播種期，品種の如何を問わず，抽薹の促進が認められ，特に夏播（6月11日）の場合促進程度は大であるが，春播，秋播の場合にはその程度は減少の傾向を示した。これは生育中の日長，温度，日照等他の環境条件が抽薹，開花[1) 2) 4) 7) 9) 10) 11) 12) 13)]に関連する為で，主として北海道の夏季に於ける長日と，府県高冷地に近似した[4]適度の温度が相関連していると考える。

低温処理が抽薹促進に及ぼす品種差については概して，「キングオブデンマーク」，「札幌大葉」及び「若草」の間に促進率の差異は認められず，従つて抽薹の早晩性に示したほどの顕著な品種間差異はないと考えられる。

温度処理の温度並びに時期等については，ほうれん草[8]に於て，0±1°C で32日間の暗所処理は「日本在来」並びに「東湖」の抽薹開花を促し，ちしやに於ては，催芽種子を10日乃至20日間，4.5〜5.0°C の低温処理を行えば[6) 11)]抽薹刺戟が与えられ，又 −5°C，10日間処理は抽薹少なく，多収であるとの報告[11]がある。本実験は1°±2°C の電気冷蔵庫内で，凡そ1，2，3週間の暗処理を行つたが，処理期間は長期なほど抽薹促進の影響は顕著であり3週間が最も優れた。然し処理期間が長びけば発芽生長粒が多くなり，本圃下種後の発芽に不揃を生じ欠株が多くなる傾向がある。本実験程度の温度では3週間以上の処理は困難であり，処理温度が僅かでも上昇すれば期間を短縮せざるを得ないと思われる。ただ処理中の水分調節で若干の処理期の延長が可能であり，0〜1°C が処理適温と考えられる。

感温期は水分と酸素の存在を必要とし，光の影響はなく，又処理中に緩漫な発育の行われることが必要であると云うが[14]，実験Ⅱ及びⅢに於ける長日併用区は特に温度処理区と相違が認められない点から従来の報告と一致する。

抽薹促進に関連し花房の分化並びに発育を調査したが，花房の分化は処理区が早く，特に14日，21日処理は7日処理に優つた。花房の発育についても明かに差異が認められ概ね抽薹と同傾向差異を示していた。又茎部伸長の開始の速かな点も顕著であつた。

なお催芽種子より生育の進んだ幼植物に対する温度条件の影響も抽薹に関係[1) 2) 4) 5) 7) 9) 10) 12) 13)]が大きい。ほうれん草に於ては低温遭遇の時期が幼植物であればあるほど，又その後の温度が高いほど抽薹は顕著な[1) 5) 7)]ようであり，又更に生育の進んだ場合の抽薹温度は特に日長と密接に関連して作用するものの如く[3) 10) 12)]である。甜菜[2) 9) 12)]に於ても略同様の点が指摘せられ，ちしや[9) 12) 13)]に於てに長日条件よりむしろ22〜27°Cの如き高温が抽薹促進の第一条件になる[13]と云う。以上の諸点より考察すると，催芽期に於ける低温処理は，比較的容易に行い得る開花促進の一方法と考えられる。なお日長条件等の変化により影響は更に効果的になる公算が大である。

(2) 低温処理が茎葉の生育に及ぼす影響

葉菜類の低温処理が茎葉に及ぼす影響については従来余り知られていない。ちしやの種子を −5°C に10日間処理すれば，抽薹少なく，結球よく球重も大となる[11]し，又結球適温は16〜22°C[13]前後であると云う。然し処理温度が0°C 以下の場合の影響については疑問[14]がある。

本実験の成績によれば，1953年は「札幌大葉」は処理の差異が認められないが，「キングオブデンマーク」に於て，6月12日の処理区と無処理区間に高い有意差が認められた。1954年は春播，夏播，秋播，何れも処理区と無処理区間には，統計的に差異は認められないが，平均値などから，次の傾向をうかがい得る。即ち播種期と品種との関係については，春播の場合は「キングオブデンマーク」のような晩抽系品種に於て，秋播の場合は「若草」のような抽薹し易い品種に於て生育増加の傾向があり，又処理期間の短い場合は処理の影響として，発芽障害等が甚だ顕著に認められる。

収穫適期のほうれん草を比較すると，概ね抽薹始から茎長5cm 位までのまだ茎の軟かな頃のものが多く見られるが，この時期は茎葉の生長量も

最も旺盛な時期であり又抽薹に直接関係ある茎部重も関与している。春播に於ける「キングオブデンマーク」の区間差は，処理区に抽苔に因る旺盛な生育が関与している時期に収穫されたのによるものであろう。この期間の幅は晩抽系品種は比較的広く，やや抽薹の早い「札幌大葉」等は短期の為，収穫期日に合致しなかつた為と考えられる。なお春播を品種別に検討すれば，晩抽系品種より生育のより良好で且つ品質優良な品種はなお数多く認められるのが現実である。

夏播に於ては生育の影響は殆ど認められず，秋播の場合も統計的に差異は認められなかつた。然し平均値に於ては「若草」に差異が認められ，これは短日条件下に於て，早抽薹系の「若草」の処理区が抽薹促進により，引いては茎葉の生育に影響を齎らしたものと考える。

以上を要するに低温処理は 1953 年，春播「キングオブデンマーク」に於て高い有意差を示し，又 1954 年は統計的に差は認められないが，春播に於て「キングオブデンマーク」，秋播は「若草」の茎葉がやや生育増加の傾向を示した。その誘発条件は複雑なものの如くで，期待の的中率は大きいとは云い難い。然し春播の場合は晩抽系品種，秋播の短日下では早抽系品種の方が公算は大のようである。恐らく茎葉量の増加は抽薹，開花等の生殖生長の促進が相関連している結果と考えられる。

摘　　要

1. 昭和28, 29年に亘り，ほうれん草3品種を供用し，催芽時に於ける低温処理の影響につき実験した。

2. 品種，播種期を問わず，処理の影響が認められ，低温処理は，花房分化，花房の発育，抽薹など生殖生長を促進する。

3. 促進の程度は処理期間の長いほど大であるが，あまり長すぎると発芽不良の傾向があるから期間は3週間前後が適当と考える。

4. 処理温度は 0～1°C の暗所処理が適し，夏播は，春播，又は秋播に比し影響がより強い。恐らく発芽後の生育条件，例えば日長，温度，その他が抽薹に相関連すると考える。

5. 処理が及ぼす抽薹促進度の品種間差異は，日長に対する抽薹度の品種間差ほどは大ではない。

6. 低温処理は茎葉の生長増加に影響する場合が見られるが，誘発条件が相当複雑であり，なお今後検討の要があるが，抽薹開花など生殖生長の促進が相関連している結果と推察される。

本実験遂行に当り，作物部長吉野至徳，園芸作物研究室長宮下揆一両氏には格別の指導，援助を戴いた。両氏に深謝すると共に，協力を得た当研究室員伊藤和雄氏に感謝する。

文　　献

1. BOSWELL, V. R. (1934): Astudy of the temperature, day lengh, and development interrelationships of spinach varieties in the field. Proc. Amer. Soc. Hort. Scien., 32 : 549～557.
2. CHROBOCZEK, E. (1934): A study of some ecological factors influencing seed-stalk development in beets. (*Beta vulgaris* L.) Exp. Stat Rec. 71 : 634～635.
3. 花岡保 (1956): ほうれん草の開花，採種に及ぼす日長の影響，北海道農業試験場彙報，70号, 30～41.
4. 岩間誠造・浜島直己・甃淳・梶田貞義 (1954): 標高と蔬菜類の生態（第8報）夏出し菠薐草の抽薹を中心として　園芸学会雑誌，22 (4): 217～222.
5. KNOTT, J. E. (1934): Premature seeding of spinach. Cornell Univ. Agr. Exp. Stat. Ann. Rept., 47 : 126.
6. KNOTT, J. E., TERRY, O. W. and E. M. ANDERSEN, (1938): Vernalization of lettuce. Proc. Amer. Soc. Hort. Scien. 35 : 644～648.
7. KNOTT, J. E. (1938): The effect of temperature on the photoperiodic response of spinach. CornellUniv. Agr. Exp. Stat. Memoir 218 : 1～38.
8. 中村英司 (1954): 菠薐草の春化処理（予報） 農業及園芸，29 (5): 677～678.
9. ROBERTS, R. H., and B. E. STRUCKMEYER. (1938) : The effects of temperature and other environmental factors upon the photoperiodic responses of some of the higher plants. Jour. Agr. Res. 59 (9) : 633～677.
10. ———, ———(1939) : Futher studies of the effects of temperature and other environmental factors upon the photoperiodic responses of plants. Jour. Agr. Res. 59 (9) : 699～709.

11. RUDORF, W. and STELZNER, G. (1935): Untersuhungen über Lichtperiodische und Temperaturnachwirkung bei Sorten von Salat (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) und die Möglichkeit ihrer Ausnutzung im Gemüsebau. Gartenbauwiss. 9 : 142～153.

12. THOMPSON, H. C., and J. E. KNOTT, (1934) : Temperature as a factor, effecting flowering of plants. Proc. Amer. Soc. Hort. Scien., 30 : 440～446.

13. ———, ——— (1934): The effect of temperature and photoperiod on the growth of lettuce. Proc. Amer. Soc. Hort. Scien., 30 : 507 ～509.

14. WORT, D. J. (1940): Vernalization of marquis wheat and other spring cereals. Bot. Gaz. 101 : 457～481.

Résumé

1. The reaction of spinach to vernalization on its growth and flowering was studied in 1953 and 1954, and the following results were obtained.

2. In all different seasons tested, all spinach varieties showed visible flower-stalk differentiation, development and elongation, by the stimulation of vernalization on the reproductive process.

3. The longer the treatment period, the greater was the acceleration of flowering, but seeds treated for long period were inclined to germinate with difficulty in the field. Treatment might be successful when refrigeration was used for about 3 weeks.

4. Treatment might be effective when the temperature of 0～1°C was used in darkness, and the effects might be more visible in summer-planted than in spring or autumn-planted plants. It might be supposed that some factors in growth period, day length, temperature and others, may be effective to flowering.

5. Ecological differences in spinach varieties were not so much due to vernalization as to photoperiod.

6. Vernalization occasionally affected the increases in yield of green plant ; the role of the factors influencing yield was complicated and not evident. Perhaps the increases in yield of green plant might be affected in relation to the increases of the reproductive growth of flower-stalk elongation.